

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR -TE091599

**Perancangan Sistem Irigasi dan Kontrol Nutrisi
Otomatis untuk Budidaya Tanaman dengan
Teknik Hidroponik**

Muhamad Giri Ginanjar
NRP 2212105005

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

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



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT -TE091599

***Automatic Irrigation System and Nutrition
Control Design for Hydroponic Cultivation
Technique***

Muhamad Giri Ginanjar
NRP 2212105005

Advisor

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

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

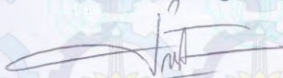
**PERANCANGAN SISTEM IRIGASI DAN KONTROL
OTOMATIS UNTUK BUDIDAYA TANAMAN
DENGAN TEKNIK HIDROPONIK**

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



**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Muhamad Giri Granjar
Nrp. : 2212105005
Jurusan / Fak : T. Elektro / Fak. T. Industri
Alamat kontak : Perum Dirai POLBAN Jl. Melin no. 6/E, Beralung
a. Email : mgrigranjar@gmail.com
b. Telp/HP : 081230991945

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

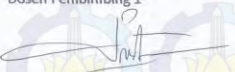
Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

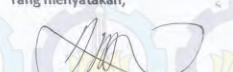
Perancangan Sistem Irigasi dan Kontrol Nutrisi untuk Budidaya Tanaman dengan Teknik Hidroponik

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya
Pada tanggal : 27 Juni 2016

Dosen Pembimbing 1

Rachmad Setiawan ST, MT
NIP. 196905201995121001

Yang menyatakan,

Muhamad Giri Granjar
Nrp. 2212105005

Perancangan Sistem Irigasi dan Kontrol Nutrisi Otomatis untuk Budidaya Tanaman dengan Teknik Hidroponik

Nama : Muhamad Giri Ginanjar
Pembimbing : Rachmad Setiawan S.T, M.T

ABSTRAK

Penerapan teknologi pada bidang pertanian khususnya bidang hidroponik sangat dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi. Dalam teknik hidroponik, lingkungan daerah pengakaran harus memenuhi syarat pertumbuhan optimal tanaman. Hal ini ditentukan oleh keadaan larutan dan sirkulasinya. Sistem pengairan yang dirancang menggunakan sensor EC dan sensor pH yang akan dikompensasi nilainya dengan sensor suhu. Data dari ketiga sensor tersebut digunakan sebagai input untuk kontrol PID. Output dari kontrol PID akan menentukan larutan apa yang akan ditambahkan ke dalam larutan nutrisi agar tercapai nilai pH dan EC yang diinginkan. Alat ini dirancang dengan menggunakan sistem hidroponik *Nutrient Film Technique (NFT)* dan dengan fleksibilitas dalam menentukan *setting* pH, EC, dan kecepatan aliran nutrisi. Sistem kontrol hidroponik yang dirancang secara garis besar sudah dapat mengejar nilai set point EC dan pH yang ditentukan dengan error rata – rata berkisar 500uS untuk EC dan 1 untuk pH. Secara elektronik sistem sudah berfungsi sesuai yang diharapkan. Kekurangan kinerja sistem dikarenakan sistem mekanik keran modifikasi dengan servo dan botol nutrisi yang kurang sempurna (terlalu berat, tidak seragam, terpengaruh gravitasi). Pengukuran nilai intensitas cahaya tidak berhasil mendekati nilai yang seharusnya sedangkan pengukuran suhu berhasil mengukur suhu dengan nilai error dibawah 1%.

Kata kunci : Hidroponik, pH, *Electrical Conductivity*, Nutrisi, Kontrol PID.



***Automatic Irrigation System and Nutrition Control Design
for Hydroponic Cultivation Technique***

Name : Muhamad Giri Ginanjar
Advisor : Rachmad Setiawan S.T, M.T

ABSTRACT

The technology application in agriculture field, particularly hydroponic field is very required to support the economic growth. In the hydroponic field, the rooting area environment must meet the requirements of plant optimal growth. This is determined by the solution condition and its circulation. To help to maintain the quality of nutrition solution, a system has been designed to automatically maintain the pH and EC values in nutrition solution. This system is using EC sensor and pH sensor which its value will be compensated with the temperature sensor. The data from the three sensors will be used as the input for PID control. The output from PID control will determine which solution to be added in the nutrition solution so that it can obtain the desired pH and EC values. This tool is designed by using hydroponic system of *Nutrient Film Technique (NFT)* and flexibility in determining the pH, EC, and nutrition flow speed setting as well. A designed system is capable to reach set point value of EC and pH with average error around 500uS and 1 respectively. Shortage of this system is due to imperfect mechanical design such as the valve is to hard for servo, uneven valve opening and the amount of solution added is depend on the level of fluid inside the bottle. The measurement of light intensities is failed to measure appropriate value while temperature sensor is successfully measure temperature with error less than 1 %.

Key words: Hydroponic, pH, *Electrical Conductivity*, Nutrition, PID Control.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. Kerena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Penulis sadar bahwa dengan tanpa adanya bantuan dari pihak lain penulis tidak dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan segala hormat dan rasa rendah diri penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT. Yang telah memberi berkah sehat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan masalah yang ditemui dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Keluarga penulis, terutama istri tercinta Tressa Martesiana yang selalu setia memberi dukungan, doa, serta semangat yang tiada hentinya kepada penulis.
3. Dosen pembimbing, Rachmad Setiawan S.T, M.T. dan Ir. Tasripan, M.T atas segala ilmu, bimbingan, dan pengarahannya kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman seperjuangan dari awal menginjakan kaki di Surabaya Kurniawan K.N.
5. Teman seangkatan Teknik Elektronika, Hosin Jauhari S.T,
6. Didik Wahyono S.T, untuk waktu dan ilmu yang telah diberikan.

Terima kasih juga pada pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penulis sadar bahwa banyaknya kekurangan dari penulis dalam penulisan laporan ini. Penulis mengharapkan masukan, kritik, dan saran untuk meningkatkan kualitas dari laporan ini dan semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk kedepannya.

Surabaya, Mei 2016

Penulis



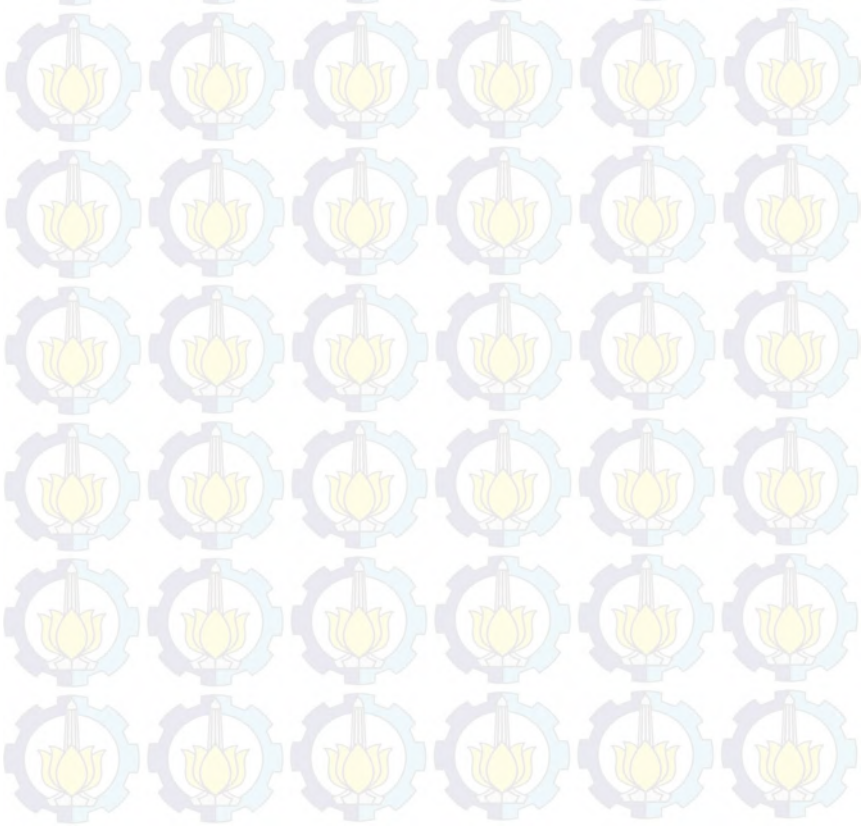
Daftar Isi

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
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	
2.1. Hidroponik	5
2.1.1. Nilai pH dan EC (Electrical Conductivity)	5
2.1.2. Sistem Hidroponik	8
2.1.3. Nutrisi Hidroponik	13
2.2. Pengukuran nilai pH pada air	14
2.2.1. Elektroda pH	14

2.3. Pengukuran Nilai EC pada air	17
2.3.1. Elektroda EC	17
2.4. Pengukuran Nilai Intensitas Cahaya	18
2.4.1. Sensor Pendeteksi Intensitas Cahaya	18
2.4.2. Rangkaian Pendeteksi Cahaya	19
2.5. Mikrokontroler Arduino Uno	20
2.6. Motor Servo	21
2.7. Kontrol PID	22
2.7.1. Proporsional	23
2.7.2. Integral	24
2.7.3. Derivative	25
BAB III	27
PERANCANGAN SISTEM	
3.1. Diagram Blok Sistem	27
3.2. Hardware Hidroponik Sistem NFT	28
3.2.1. Rangka Sistem NFT	28
3.2.2. Pompa Sirkulasi Nutrisi	29
3.2.3. Pompa Pengaduk Nutrisi	30
3.2.4. Sistem Servo Valve dan Botol Nutrisi	31
3.3. Instrumentasi Pengukuran <i>Electrical Conductivity</i> (EC)	32
3.3.1. Sensor EC	32
3.3.2. Rangkaian Instrumentasi EC	33
3.4. Instrumentasi Pengukuran pH	34
3.4.1. Sensor pH	34
3.4.2. Rangkaian Instrumentasi pH	35

3.5. Instrumentasi Pengukuran Intensitas Cahaya.....	35
3.5.1. Sensor Intensitas Cahaya	35
3.5.2. Rangkaian Instrumentasi Intensitas Cahaya.....	37
3.6. Instrumentasi Pengukuran Suhu.....	39
BAB IV.....	41
DATA DAN ANALISA	
4.1. Data dan analisa sensor EC.....	41
4.1.1. Kalibrasi.....	41
4.1.2. Pengambilan data.....	42
4.1.3. Analisa	43
4.2. Data dan analisa sensor pH.....	44
4.2.1. Kalibrasi.....	44
4.2.2. Pengambilan data.....	45
4.2.3. Analisa	46
4.3. Data dan analisa sensor suhu DS18B20.....	47
4.4. Pengujian dan analisa sensor intensitas cahaya.....	48
4.5. Pengujian dan analisa keran nutrisi.....	49
4.5.1. Pengujian keran nutrisi.....	49
4.5.2. Pengujian keran pH.....	50
4.6. Pengujian dan analisa kontrol reservoir nutrisi	51
4.6.1. Pengujian control EC	51
4.6.2. Pengujian kontrol pH	52
4.6.3. Pengujian control EC dan pH.....	53
BAB V.....	59
PENUTUP	

5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN 1	63
LAMPIRAN 2	69
BIODATA PENULIS.....	71



Daftar Gambar

Gambar 2.1 Ketersediaan nutrisi pada setiap level pH	6
Gambar 2.2 Wick System	8
Gambar 2.3 Water Culture	9
Gambar 2.4 Ebb and Flow System	10
Gambar 2.5 Drip System	10
Gambar 2.6 NFT System	12
Gambar 2.7 Aeroponic System	12
Gambar 2.8 Nutrisi AB mix	13
Gambar 2.9 Elektroda pH	14
Gambar 2.10 Fungsi transfer elektroda pH.	15
Gambar 2.11 Skala pH	16
Gambar 2.12 Prinsip Pengukuran konduktivitas larutan	17
Gambar 2.13 Grafik konduktivitas terhadap suhu	18
Gambar 2.14 Pembagi tegangan dengan LDR	20
Gambar 2.15 Arduino Uno	21
Gambar 2.16 Blok diagram motor servo	22
Gambar 2.17 Motor Servo	22
Gambar 2.18 Kontrol PID	23
Gambar 2.19 Kontrol proporsional	24
Gambar 2.20 Kontrol integral	24
Gambar 2.21 Kontrol derivative	25
Gambar 3.1 Diagram blok sistem	27
Gambar 3.2 Rangka Sistem NFT	28
Gambar 3.3 Box kontrol dan rangkaian	29
Gambar 3.4 Pompa sirkulasi nutrisi	30
Gambar 3.5 Pompa pengaduk	30
Gambar 3.6 Modifikasi keran dengan servo	31
Gambar 3.7 Assembly botol nutrisi	32
Gambar 3.8 Sensor EC	32
Gambar 3.9 instrumentasi EC	33
Gambar 3.10 Sensor pH	34
Gambar 3.11 Instrumentasi sensor pH	35
Gambar 3.12 Karakterisasi LDR	36
Gambar 3.13 Grafik Oh vs Lux	37
Gambar 3.14 Rangkaian pembagi tegangan dengan LDR	37

Gambar 3.15 Grafik lux dan Ohm dalam log	38
Gambar 3.16 Sensor suhu DS18B20	40
Gambar 3.17 Pemakaian umum sensor DS18B20	40
Gambar 4.1 Proses Kalibrasi instrumentasi sensor EC	41
Gambar 4.2 EC dan TDS meter	42
Gambar 4.3 Pengambilan data EC vs Sensor output	42
Gambar 4.4 EC vs Sensor output	43
Gambar 4.5 pH Buffer powder	45
Gambar 4.6 pH up dan pH down	46
Gambar 4.7 pH vs Output Sensor	46
Gambar 4.8 Fluke meter dengan fitur pembacaan suhu	47
Gambar 4.9 Respon sensor EC	49
Gambar 4.10 Respon sensor pH	50
Gambar 4.11 Pengujian control EC 1	51
Gambar 4.12 Pengujian control EC 2	51
Gambar 4.13 Pengujian control pH 1	52
Gambar 4.14 Pengujian control pH 2	53
Gambar 4.15 Tampilan HMI pengujian sistem	54
Gambar 4.16 Grafik Hasil Pengujian Sistem ke 1-EC	54
Gambar 4.17 Grafik Hasil Pengujian Sistem ke 1-pH	55
Gambar 4.18 Tampilan pengujian sistem 2	55
Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengujian Sistem ke 2-EC	56
Gambar 4.20 Grafik Hasil Pengujian Sistem ke 2-pH	57

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Nilai pH untuk berbagai jenis tanaman	6
Tabel 2.2 Nilai EC untuk berbagai jenis tanaman	8
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno R3	20
Tabel 3.1 Karakteristik sensor pH	34
Tabel 3.2 Hubungan lux dan Resistansi LDR	36
Tabel 3.3 Hubungan log lux dan logR	38
Tabel 4.1 EC, output sensor dan output instrumentasi	43
Tabel 4.2 Verifikasi sensor EC	44
Tabel 4.3 Hubungan Ph dan output sensor pH	45
Tabel 4.4 Verifikasi sensor temperature	47
Tabel 4.5 Verifikasi LDR	48
Tabel 4.6 Pengujian keran A	49
Tabel 4.7 Pengujian keran Ph up	50
Tabel 4.8 Performa PID Kontroller	58



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Budidaya tanaman dengan teknik hidroponik dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman. Berkembangnya teknik hidroponik ini menjadi tantangan tersendiri bagi para peneliti di berbagai bidang. Selain itu teknik budidaya hidroponik merupakan bisnis yang menarik dan menawarkan keuntungan yang memadai.

Dibandingkan dengan budidaya tanaman dengan media tanah, sistem hidroponik memiliki banyak kelebihan, yaitu:

1. Serangan hama dan penyakit cenderung jarang dan lebih mudah dikendalikan
2. Penggunaan pupuk dan air lebih efisien
3. Tidak ada kegiatan yang memerlukan tenaga intensif untuk pekerjaan berat seperti pengolahan tanah dan pemberantasan gulma
4. Larutan nutrisi tanaman dapat dipasok sesuai dengan tingkat kebutuhan tanaman
5. Dapat diusahakan di lahan yang tidak subur maupun di lahan yang sempit
6. Kebersihan lebih mudah dijaga dan terhindar dari penyakit yang berasal dari tanah
7. Budidaya tanaman dapat dilakukan tanpa bergantung musim

Dengan berbagai keuntungan dan kelebihannya perlu adanya teknologi terapan yang dirancang untuk mendukung berkembangannya teknik hidroponik ini, hingga diharapkan teknik hidroponik ini dapat diaplikasikan secara efektif dan efisien dalam skala kecil maupun industri.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang mendasari tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mempertahankan kadar nutrisi yang digunakan untuk setiap fase pertumbuhan tanaman pada budidaya hidroponik
2. Pengaturan kecepatan aliran nutrisi pada tanaman
3. Bagaimana mengembangkan *hardware* yang dapat digunakan untuk setiap jenis tanaman sayuran daun

1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup dari tugas akhir ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Sistem irigasi akan menggunakan teknik kontrol PID
2. Otomatisasi sistem irigasi untuk teknik hidroponik dengan menggunakan sistem *Nutrient Film Technique (NFT)*
3. Pengaturan dan pemantauan parameter – parameter larutan nutrisi pada sistem hidroponik (Ph, EC, dan suhu) untuk jenis tanaman sayuran daun

1.4. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat *hardware* yang digunakan untuk otomatisasi sistem irigasi hidroponik dan pengaturan nutrisinya.

1.5. Metodologi

Pelaksanaan tugas akhir ini menggunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Mengumpulkan berbagai buku dan referensi lainnya yang berkaitan dengan alat.
2. Pengembangan *Hardware*
Membuat *hardware* untuk sistem irigasi hidroponik.

3. Eksperimen

Melakukan uji coba alat dengan tanaman sayuran daun.

4. Analisa sistem

Melakukan analisa sistem yang telah dibuat.

5. Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh dengan membandingkan teori dengan hasil dilapangan sehingga diperoleh kelebihan dan kekurangan alat beserta solusi untuk mengantisipasi kekurangan alat tersebut

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, pengukuran pH dan EC (*electrical conductivity*), Mikrokontroler Arduino Uno, dan kontrol PID

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi perancangan hardware yang digunakan dalam tugas akhir ini, seperti sensor pH, sensor EC, pompa sirkulasi nutrisi, dll. Bab ini berisi perancangan hardware dan software yang digunakan.

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 pengaplikasian teknologi bidang pertanian khususnya teknik hidroponik.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Hidroponik

Hidroponik adalah teknik budidaya tanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai media pemberi nutrisi pada tanaman, melainkan menggunakan air sebagai media untuk mengalirkan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.

Seperti budidaya tanaman pada umumnya, tanaman membutuhkan nutrisi untuk tumbuh dan berkembang. Pemberian nutrisi yang baik dan benar akan menentukan kualitas pertumbuhan tanaman. Pemberian nutrisi ini akan sangat mudah diatur pada teknik hidroponik dibandingkan dengan teknik konvensional yang menggunakan tanah.

2.1.1. Nilai pH dan EC (Electrical Conductivity).

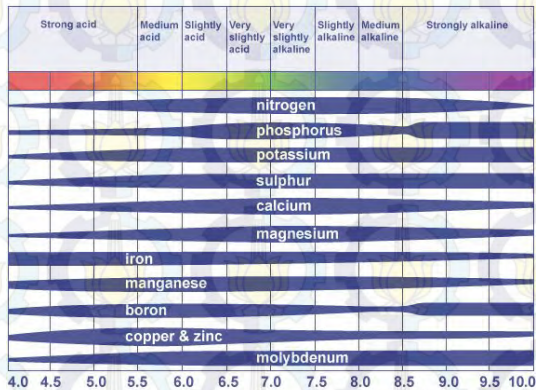
Nilai pH dan EC merupakan parameter yang penting dalam teknik hidroponik, parameter ini harus dijaga sedemikian rupa agar sesuai dengan kebutuhan tanaman.

a. pH (*Probable Hydrogen*).

Nilai pH media tanam dalam hal ini adalah air menentukan kemampuan tanaman dalam menyerap elemen-elemen penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan yang sehat. Nilai pH untuk tiap tanaman akan berbeda-beda, tapi secara umum, tanaman membutuhkan lingkungan yang sedikit asam (antara 5.5 – 6.0) walaupun sebagian besar tanaman dapat bertahan pada level pH antara 5.0 – 7.5.^[5]

Saat pH naik di atas 6.5 sebagian nutrisi dan mikro-nutrisi mulai mengendap dari larutan dan menempel pada dinding *reservoir*. Sebagai contoh: pada pH 7.3, material besi akan mengendap setengahnya dan pada pH 8.0 hampir tidak ada besi sama sekali. Saat nutrisi sudah mengendap tanaman tidak akan dapat menyerapnya kembali dan tanaman akan menderita karena kekurangan nutrisi. Beberapa nutrisi juga mengendap pada pH yang rendah.

Gambar 2.1 dan Tabel 2.1 dapat memberikan gambaran tentang kondisi nutrisi pada tiap level pH dan kebutuhan pH untuk berbagai jenis tanaman.



Gambar 2.1. Ketersediaan nutrisi pada setiap level pH (untuk teknik hidroponik).^[3]

Tabel 2.1 Nilai pH untuk berbagai jenis tanaman.^[4]

NAMA SAYURAN	pH	PPM
LOBAK	6.0-7.0	840-1540
SELADA	6.0-7.0	560-840
CAULIFLOWER	6.5-7.0	1050-1400
PAK CHOI	7	1050-1400
KETIMUN	5.5	1190-1750
EGGPLANT	6	1750-2450
TOMAT	6.0-6.5	1400-3500
SAWI PAHIT	6.0-6.5	840-1680
STRAWBERRY	6	1260-1540
KANGKUNG	5.5-6.5	1050-1400
SAWI	5.5-6.5	1050-1400
KAILAN	5.5-6.5	1050-1400
BAYAM	6.0-7.0	1260-1610
BAWANG PUTIH	6.0	980-1260
SELEDRI	6.5	1260-1680
CABE	6.0-6.5	1260-1540
WORTEL	6.3	1120-1400
marjoram	6	1120-1400
Peterseli	5.5-6.0	560-1260
Peas	6.0-7.0	980-1260
Jagung manis	6	840-1680
Kentang	5.0-6.0	1400-1750
Mawar	5.5-7.5	800-1050-1750

b. EC (Electrical Conductivity).

Parameter lain yang digunakan pada teknik hidroponik adalah EC (Electrical Conductivity) dengan satuan Siemens/cm atau beberapa orang menggunakan parameter PPM (Part Per Million) yang merupakan parameter turunan dari EC.

Parameter ini berguna karena nilai EC proporsional dengan jumlah garam yang larut dalam larutan nutrisi. Semakin tinggi nilai EC berarti semakin banyak garam yang larut dalam larutan nutrisi. Maka, dengan mengukur EC, kita dapat mengetahui berapa banyak nutrisi yang ada atau tersisa dalam larutan.

Konduktifitas listrik dalam larutan mempengaruhi metabolisme tanaman, yaitu dalam hal kecepatan fotosintesis, aktivitas enzim, dan potensi penyerapan ion-ion oleh akar.

Nilai EC harus diukur pada saat pertama kali disiapkan dan tiga kali setelah itu dalam satu hari. Jika nilai EC terlalu tinggi, bisa ditambahkan air untuk menurunkannya, tapi jika nilainya terlalu rendah (di bawah 70% dari nilai awal), larutan harus diganti dengan larutan nutrisi yang baru karena berarti nutrisi pada larutan sebelumnya sudah terserap oleh tanaman.^[1]

Nilai EC untuk tiap tanaman pun berbeda-beda. Untuk tanaman kecil/belum dewasa, angka EC berkisar antara 1 - 1,5. Setelah dewasa atau menjelang berbunga/berbuah, EC bisa ditingkatkan sampai 2,5 - 4, kecuali untuk tomat yang EC nya bisa sampai 7. Pada umumnya, angka EC lebih dari 4 akan menimbulkan toksisitas pada tanaman (Untung, 2000).

Tabel 2.2 adalah nilai EC yang dibutuhkan untuk beberapa jenis tanaman.

Tabel 2.2 Nilai EC untuk berbagai jenis tanaman. ^[2]

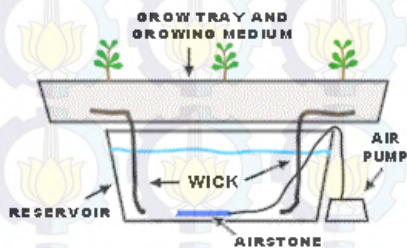
Nama Tanaman	EC
Selada	2,0-3,0
Brokoli	3,0-3,5
Kubis	2,5-3,0
Cabai	1,8-2,2
Kubis Bunga	1,5-2,0
Seledri	2,5-3,0
Mentimun	1,0-2,5
Terung Jepang	2,5-3,5
Bawang Merah	2,0-3,0
Pakcoi	1,5-2,0
Bayam	1,4-1,8
Tomat	2,0-5,0
Kacang-kacangan	2,0-4,0

Sumber : Practical Hydroponik & Greenhouse, Issue 37,1997 dalam Untung,2000.

2.1.2. Sistem Hidroponik

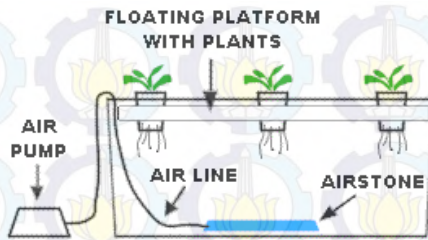
a. Wick system

Wick System adalah sistem hidroponik pasif paling sederhana. Pada prinsipnya, sistem sumbu ini hanya membutuhkan sumbu yang dapat menghubungkan antara larutan nutrisi pada bak penampung dengan media tanam. Sistem ini adalah sistem yang pasif yang berarti tidak ada bagian yang bergerak. Larutan nutrisi ditarik ke media tanam dari bak/tangki penampung melalui sumbu. Air dan nutrisi akan dapat mencapai akar tanaman dengan memanfaatkan daya kapilaritas pada sumbu.



Gambar 2.2 Wick System. ^[6]

b. Water Culture

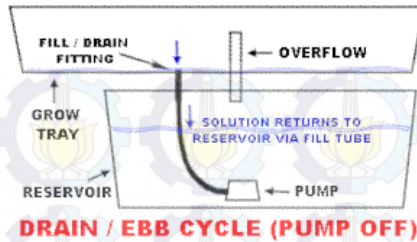


Gambar 2.3 Water Culture. [6]

Water Culture System adalah sistem hidroponik aktif paling sederhana karena hanya menggunakan prinsip penggenangan. Papan yang digunakan sebagai tempat (untuk menancapkan tanaman) biasanya terbuat dari styrofoam yang diapungkan langsung pada larutan nutrisi. Pompa air menyuplai udara ke airstone yang akan membuat gelembung-gelembung pada larutan nutrisi yang akan memberikan suplai oksigen pada akar tanaman. Pada sistem hidroponik ini larutan nutrisi tidak disirkulasikan, hanya dibiarkan pada bak penampung atau kolam dan dapat digunakan lagi dengan cara mengontrol kepekatan larutan dalam jangka waktu tertentu. Sistem ini cenderung dikhususkan untuk menanam tanaman yang secara fisiologi tanaman kecil dan akarnya dapat tumbuh menggenang di dalam air seperti bayam dan selada.

c. Ebb and Flow (flood and drain)

Ebb and Flow System atau disebut juga Flood and Drain System atau Sistem Pasang Surut merupakan salah satu sistem hidroponik dengan prinsip kerja yang cukup unik. Dalam sistem hidroponik ini, tanaman mendapatkan air, oksigen, dan nutrisi melalui pemompaan dari bak penampung yang dipompakan ke media yang nantinya akan dapat membasahi akar (pasang). Selang beberapa waktu air bersama dengan nutrisi akan turun kembali menuju bak penampungan (surut). Waktu pasang dan surut dapat diatur menggunakan timer sesuai kebutuhan tanaman sehingga tanaman tidak akan tergenang atau kekurangan air.

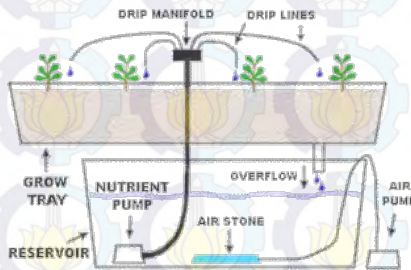


Gambar 2.4 Ebb and Flow System. [6]

Sistem seperti ini umumnya dilakukan dengan pompa air yang ditenan dalam larutan nutrisi (submerged pump) yang dihubungkan dengan timer (pengatur waktu). Ketika timer menghidupkan pompa, larutan nutrisi akan dipompa ke grow tray (keranjang/tempat/pot tanaman). Ketika timer mematikan pompa air, larutan nutrisi akan mengalir kembali ke bak penampungan. Timer diatur dapat hidup beberapa kali dalam sehari, tergantung ukuran dan tipe tanaman, suhu, kelembaban, dan tipe media pertumbuhan yang digunakan.

d. Drip System

Drip System (sistem tetes) adalah salah satu jenis sistem hidroponik yang prinsipnya memberikan air dan nutrisi dalam bentuk tetesan yang menetes secara terus menerus sesuai kebutuhan tanaman. Tetesan diarahkan tepat pada daerah perakaran tanaman agar tanaman dapat langsung menyerap air dan nutrisi yang diberikan.



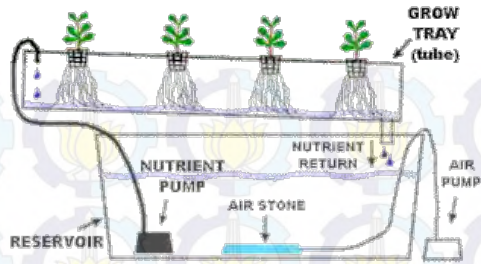
Gambar 2.5 Drip System. [6]

Tanaman mendapatkan nutrisi setiap saat sesuai kebutuhannya dengan mengatur tetesan agar tanaman tidak tergenang maupun kekeringan. Pada drip system, timer digunakan untuk mengontrol pompa air. Ketika timer menghidupkan pompa air, pompa akan mengalirkan larutan nutrisi ke alat khusus yang akan meneteskan larutan nutrisi ke bagian dasar dari masing-masing tanaman.

e. NFT (Nutrient Film Tehnique)

Nutrient Film Technique (NFT) merupakan cara baru untuk bercocoktanam di Indonesia. Teknik ini sangat cocok diterapkan di daerah yang lahannya sangat tidak subur, selain itu juga dapat diterapkan di dataran tinggi maupun rendah dengan prinsip dan tujuan akhirnya adalah agar hasil panen berkualitas tinggi. Sistem hidroponik NFT merupakan model budidaya yang meletakkan akar tanaman pada lapisan air yang dangkal. Air tersebut bersirkulasi dan mengandung nutrisi sesuai kebutuhan tanaman. Perakaran tanaman dapat berkembang, karena di sekeliling perakaran terdapat lapisan nutrisi sehingga tanaman tumbuh pada dasar talang.

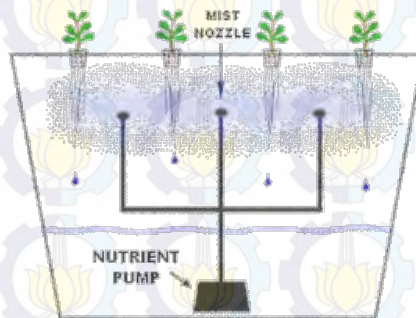
Pada sistem hidroponik ini, larutan nutrisi dipompakan ke dalam growing tray (tempat/keranjang/pot untuk tumbuh tanaman) yang biasanya berupa tabung dan larutan nutrisi tersebut akan mengalir melewati akar tanaman kemudian akan mengalir kembali ke bak penampungan. Umumnya tidak ada media tumbuh selain udara sehingga dapat menghemat penggantian media tumbuh setelah panen. Biasanya, tanaman ditempatkan pada sejenis keranjang plastik kemudian akar tanaman menggantung ke dalam larutan nutrisi. Tetapi, tetap dibutuhkan media untuk masa persemaian biji sampai siap dipindah ke sisten NFT ini. Sistem ini rentan terhadap kekurangan daya listrik dan kerusakan pompa air. Akar tanaman cepat kering ketika aliran larutan nutrisi terganggu. Keuntungan pemakaian NFT adalah keberhasilan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi lebih terjamin.



Gambar 2.6 NFT System. [6]

f. Aeroponic

Aeroponik berasal dari kata Aero (udara) dan Poniq (Cara Budidaya). Merupakan satu cara penanaman sayuran yang terbaik menggunakan udara serta ekosistem air/nutrien tanpa penggunaan tanah. Teknik ini menempatkan tanaman sedemikian rupa hingga akar tampak menggantung. Dengan prinsip kerja air dan nutrisi yang diserap tanaman diberikan dalam bentuk butiran kecil atau kabut. Pengkabutan ini berasal dari pompa di bak penampung yang disemprotkan menggunakan nozzle sehingga nutrisi yang diberikan akan lebih cepat diserap akar tanaman yang digantung. Salah satu keunggulan Aeroponik adalah oksigenasi dari tiap butiran kabut halus larutan hara sehingga respirasi akar lancar dan menghasilkan banyak energi.



Gambar 2.7 Aeroponic System. [6]

2.1.3. Nutrisi Hidroponik

Kebutuhan nutrisi (makro dan mikro) tanaman adalah kunci utama metode hidroponik. Nutrisi hidroponik yang sudah banyak dijual di pasaran adalah pupuk hidroponik AB mix. Pupuk ini sudah memenuhi semua unsur makro dan mikro yang dibutuhkan seperti Nitrogen (N), Fosfat (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Sulfur (S), dan Magnesium (Mg) untuk unsur makro dan Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Zn), Boron (B), dan Molibdenum (Mo) untuk unsur mikro.^[7]

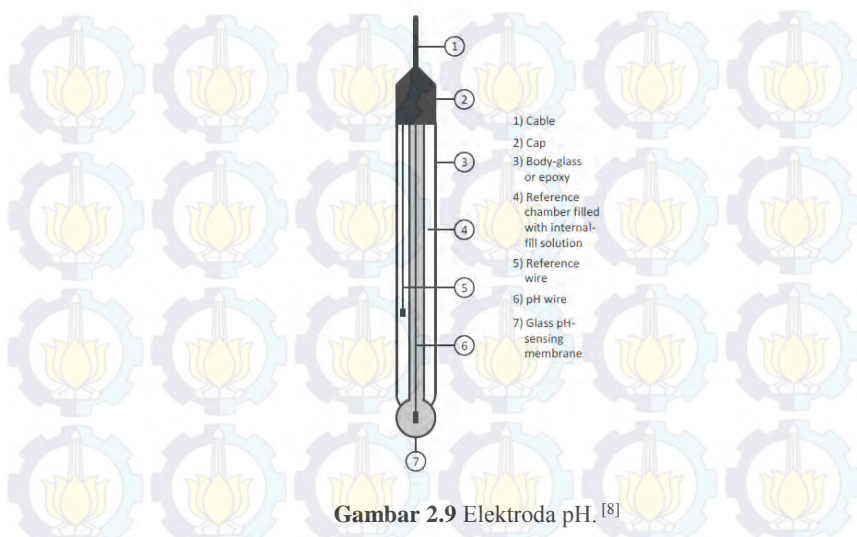
Unsur makro terdapat pada Nutrisi A sedangkan unsur mikro terdapat pada nutrisi B. Maka dari itu pencampuran kedua pupuk ini tidak boleh dicampur dalam keadaan pekat karena dapat menimbulkan pengendapan nutrisi. Pencampuran kedua pupuk ini diharapkan dapat mencapai nilai pH dan EC yang diharapkan.

Jika nilai pH yang diharapkan tidak tercapai, dapat ditambahkan larutan asam klorida (HCl) untuk menurunkan pH dan larutan Kalium Hidroksida (KOH) untuk menaikkan pH setetes demi setetes hingga pH tercapai.



Gambar 2.8 Nutrisi AB Mix.^[7]

2.2. Pengukuran nilai pH pada air.



Gambar 2.9 Elektroda pH. [8]

Elektroda pH adalah kombinasi dari elektroda yang disusun dari dua bagian utama: elektroda kaca dan sebuah elektroda referensi sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. Pada dasarnya pH ditentukan oleh pengukuran perbedaan tegangan antara dua elektroda ini. Di ujung elektroda ada membran tipis yang merupakan jenis kaca khusus yang memungkinkan pertukaran ion (*ion exchange*). Element inilah yang mendeteksi konsentrasi ion hydrogen pada larutan. Sifat dari elektroda referensi adalah konstan dan dihasilkan oleh elemen internal dari elektroda referensi yang bersinggungan dengan larutan referensi yang dijaga pada pH tujuh.

2.2.1. Elektroda pH

Elektroda pH merupakan sensor pasif, yang artinya tidak ada eksitasi sumber (tegangan atau arus) dibutuhkan. Karena output elektroda bisa berpindah ke atas dan ke bawah titik referensi, ia diklasifikasikan sebagai sensor bipolar. Ia menghasilkan output tegangan yang secara linier tergantung pada pH larutan yang sedang diukur.

Impedansi sumber dari elektroda pH sangatlah tinggi karena bohlam kaca tipis memiliki resistansi besar yang biasanya dalam rentang of 10 MΩ to 1000 MΩ. Hal ini berarti bahwa elektroda hanya bisa dipantau oleh alat pengukuran impedansi-tinggi.

Fungsi transfer dari elektroda pH adalah sebagai berikut:

$$pH(X) = pH(S) + \frac{(E_s - E_x)F}{RT \ln(10)} \quad (2.1)$$

Dimana,

pH(X) = pH dari larutan yang tidak diketahui

pH(S) = pH dari larutan standar (pH= 7)

E_s = Potensial listrik pada elektroda referensi

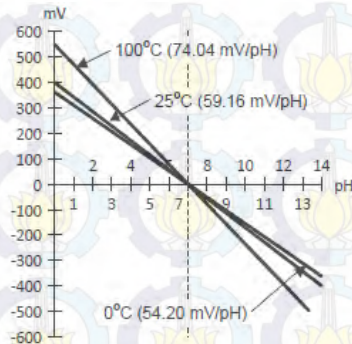
E_x = Potensial listrik pada elektroda ukur

F = Konstanta Faraday $9.648531 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$

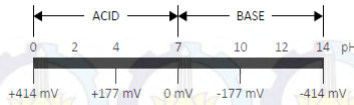
R = Konstanta gas universal $8.314510 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

T = Suhu dengan satuan Kelvin

Gambar 2.10 dan Gambar 2.11 menunjukkan bahwa ketika Ph dari larutan meningkat maka tegangan yang dihasilkan elektroda menurun.



Gambar 2.10 Fungsi transfer elektroda pH. [8]



Gambar 2.11 Skala pH [8].

Penting untuk diingat bahwa sensitivitas pH elektroda bermacam-macam berdasarkan temperatur. Melihat fungsi transfer elektroda pH menunjukkan bahwa sensitivitas secara linier meningkatkan dengan temperatur sesuai dengan persamaan 2.2

$$\frac{RT \ln(10)}{F} \text{ atau } 0.000198T \text{ V/pH} \quad (2.2)$$

Hal ini menghasilkan sebuah output sensor rentang maksimalnya bergantung pada suhu. Contohnya, pada suhu 25°C, sensitivitas elektroda menjadi 59.16 mV/pH dan output elektrodanya akan berubah dari -7pH x -59.16 mV/pH = +414.12 mV (pH 0 asam kuat) ke +7pH x -59.16 mV/pH = -414.12 mV (pH 14 basa kuat). Namun, jika temperatur larutan yang diukur meningkat hingga suhu 100°C, output akan bergeser dari -7pH x -74.04 mV/pH = +518.29 mV turun menjadi +7pH x -74.04 mV/pH = -518.29 mV. Berdasarkan karakteristik ini, penting untuk mengetahui suhu dari larutan yang sedang diuji dan mengimbangi proses pengukuran dengan sesuai.

Suatu elektroda ideal pada suhu 25°C akan menghasilkan 0 mV ketika diletakkan dalam suatu larutan dengan pH tujuh. Tentu saja, elektroda-elektroda nyata tidak ideal dan akan memiliki nilai sebenarnya yang bermacam-macam dari 0 mV. Variasi inilah yang disebut dengan *offset error* elektroda. Sebagaimana yang disebutkan sebelumnya sensitivitas dari elektroda ideal pada suhu 25°C adalah 59.16 mV per Ph unit. Adapun variasi dari nilai ideal ini dikhususkan sebagai *span error* elektroda. Gangguan ini akan diperlukan untuk dikalkulasi melalui kalibrasi jika akurasi sistem yang tinggi dibutuhkan.

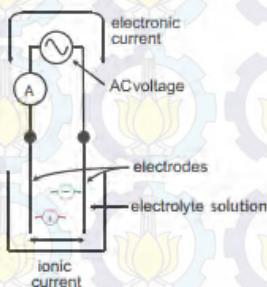
2.3. Pengukuran Nilai EC pada air

Konduktivitas, bersama dengan pH, merupakan faktor penting untuk menentukan karakteristik suatu larutan. Dalam hal ini EC adalah ukuran dari kemampuan cairan untuk melakukan arus listrik. Cairan, air pada khususnya, melarutkan berbagai zat, dan ketika suatu zat larut dalam air, arus listrik lebih mudah dialirkan. Oleh karena itu, konduktivitas dapat dikatakan sebagai besaran yang menunjukkan jumlah zat terlarut dalam cairan.

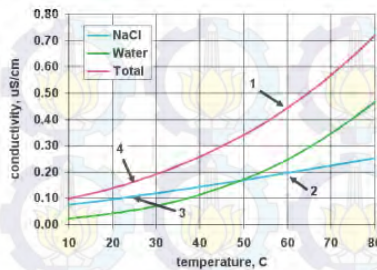
2.3.1. Elektroda EC

Kebanyakan sensor konduktivitas terdiri dari dua elektroda logam, biasanya stainless steel atau titanium yang diberi tegangan bolak balik. Medan listrik menyebabkan ion bergerak bolak – balik dan memproduksi arus. Rangkaian instrumentasi mengukur arus dan dengan menggunakan hukum ohm kita dapat menghitung hambatan dari larutan yang diukur ($R = V \times I$). Konduktansi berbanding terbalik dengan resistansi ($G = 1/R$).

Arus yang dihasilkan tergantung pada konsentrasi total ion dalam larutan dan pada panjang dan luas area dari elektroda. Panjang dan luas area dari elektroda mendefinisikan geometri sensor, atau konstanta sel, yang memiliki satuan $1/\text{cm}$ (panjang /luas area). Mengalikan konduktansi dengan konstanta sel mengoreksi efek geometri sensor pada pengukuran. Hasilnya adalah konduktivitas, yang hanya tergantung pada konsentrasi ion.



Gambar 2.12 Prinsip pengukuran konduktivitas larutan. ^[1]



Gambar 2.13 Grafik konduktivitas terhadap suhu. [1]

Peningkatan suhu larutan elektrolit selalu meningkatkan nilai konduktivitas. Kenaikan ini signifikan, antara 1,5-5% per °C. Untuk mengimbangi perubahan suhu, pembacaan konduktivitas dikoreksi dengan melihat suhu referensi, biasanya pada suhu 25 °C.

2.4. Pengukuran Nilai Intensitas Cahaya

Cahaya adalah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih pendek dan frekuensi yang lebih tinggi daripada gelombang radio. Pendeteksian cahaya merupakan kebutuhan dalam berbagai bidang salah satunya dalam bidang pertanian karena cahaya merupakan bagian yang sangat penting untuk perkembangan tumbuhan.

Nilai intensitas cahaya diukur dengan satuan SI lux yang didefinisikan sebagai jumlah cahaya atau kuantitas cahaya relative terhadap ukuran permukaan penerima cahaya, dengan demikian lux dapat didefinisikan dengan satuan lumen/lux per meter persegi.

2.4.1. Sensor Pendeteksi Intensitas Cahaya

Sensor cahaya adalah sensor pasif yang digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya dalam rentang tertentu frekuensi. Dalam spektrum gelombang elektromagnetik, rentang frekuensi yang digunakan adalah antara inframerah sampai ultraviolet. Sensor cahaya mengubah energi cahaya dalam bentuk foton menjadi energi listrik dalam bentuk elektron.

Ada beberapa klasifikasi sensor untuk mendeteksi cahaya:

1. Photo Emissive Cells

Tipe ini melepaskan electron dari material yang sensitive terhadap cahaya ketika terkena foton. Material yang digunakan biasa adalah Caesium.

2. Photo Conductive Cells

Tipe ini berubah karakteristik resistansinya ketika terkena cahaya, bahan yang digunakan adalah Kadmium sulfida (CdS) yang digunakan dalam *Light Dependent Resistor*

3. Photo Voltaic Cells

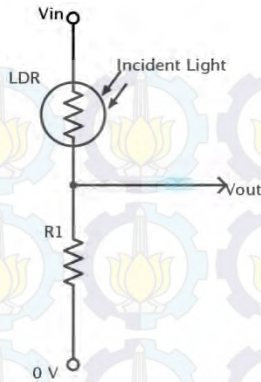
Tipe ini menghasilkan potensial listrik yang sebanding dengan cahaya yang mengenainya. Salah satu contoh dari tipe ini adalah *solar cell*.

4. Photo Junction Diodes

Tipe ini umumnya perangkat semikonduktor yang menggunakan cahaya untuk mengontrol aliran elektron atau hole pada *junction*. *Photodiode* dan Photo transistor adalah dua perangkat utama dalam tipe ini.

2.4.2. Rangkaian Pendeteksi Cahaya

Ada berbagai macam rangkaian pendeteksi cahaya salah satunya adalah dengan menggunakan LDR. LDR dihubungkan dengan rangkaian pembagi tegangan, semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin kecil resistansi LDR, dengan demikian semakin tinggi output tegangan.



Gambar 2.14 Rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan LDR. ^[11]

2.5. Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah mikrokontroler berbasis ATmega328. Mikrokontroler ini memiliki 14 digital pin input/output (6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, kristal 16 MHz, koneksi USB, header ICSP, dan tombol reset.

ATmega328 pada Arduino Uno datang dengan bootloader yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru untuk itu tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. Anda juga dapat memotong bootloader dan memprogram mikrokontroler melalui ICSP (In-Circuit Serial Programming).

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno R3.

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V

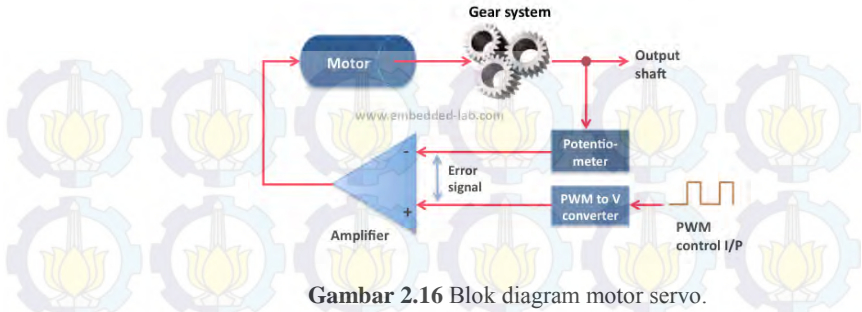
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Clock Speed	16 MHz



Gambar 2.15 Arduino Uno R3.

2.6. 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 roda gigi, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa (PWM) yang dikirim ke motor.



Gambar 2.16 Blok diagram motor servo.

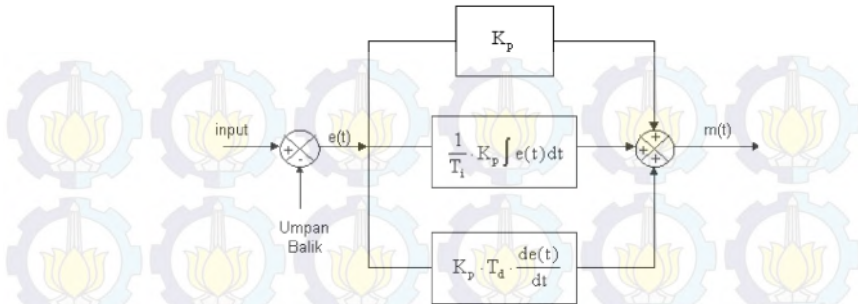


Gambar 2.17 Motor servo.

2.7. Kontrol PID

Di dalam suatu sistem kontrol kita mengenal adanya beberapa macam aksi kontrol, di antaranya yaitu aksi kontrol proporsional, aksi kontrol integral, dan aksi kontrol derivative. Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, di mana aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan rise time yang cepat, aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil error dan aksi kontrol derivative mempunyai keunggulan untuk memperkecil error atau meredam *overshot/undershot*.

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengontrol P, I, dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi pengontrol proporsional plus integral plus derivative (pengontrol PID).



Gambar 2.18 Kontrol PID. [9]

2.7.1. Proporsional

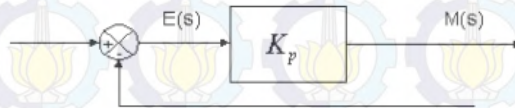
Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding atau proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran pengontrol proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengeluarkan output sinyal sebesar konstanta pengalinya.

Gambar 2.19 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran setting, besaran aktual, dengan besaran keluaran pengontrol proporsional. Sinyal kesalahan (error) merupakan selisih antara besaran setting dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi pengontrol, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga setting) atau negatif (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).

Ciri-ciri pengontrol proporsional harus diperhatikan ketika pengontrol tersebut diterapkan pada suatu sistem. Secara eksperimen, pengguna pengontrol proporsional harus memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut ini:

1. Bila nilai K_p kecil, pengontrol proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.

2. Bila nilai K_p dinaikan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai set point dan keadaan stabil.
3. Namun jika nilai K_p diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan beresolasi.



Gambar 2.19 Kontrol proporsional. ^[9]

2.7.2. Integral

Pengontrol Integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki *error steady state* sama dengan nol. Jika sebuah pengontrol tidak memiliki unsur integrator, pengontrol proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan *error steady state* sama dengan nol.

Jika error hampir konstan (bukan nol) maka output integral akan menjadi sangat besar sehingga diharapkan dapat memperbaiki error. Jika error mendekati nol maka efek kontrol I ini semakin kecil. Kontrol I dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan respon steady-state, namun pemilihan K_i (konstanta integral) yang tidak tepat dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem.



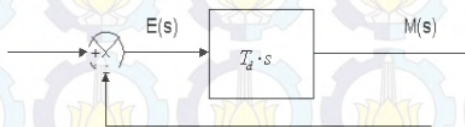
Gambar 2.20 Kontrol integral. ^[9]

Ciri-ciri kontrol integral adalah sebagai berikut:

1. Keluaran pengontrol membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga pengontrol integral cenderung memperlambat respon.
2. Ketika sinyal kesalahan berharga nol, keluaran pengontrol akan bertahan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai K_i .
4. Konstanta integral, K_i , yang berharga besar akan mempercepat hilangnya offset. Tetapi semakin besar nilai konstanta K_i akan mengakibatkan peningkatan osilasi pada keluaran.

2.7.3 Derivative

Keluaran pengontrol Derivative memiliki sifat seperti halnya suatu operasi differensial. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.21 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara sinyal kesalahan dengan keluaran pengontrol.



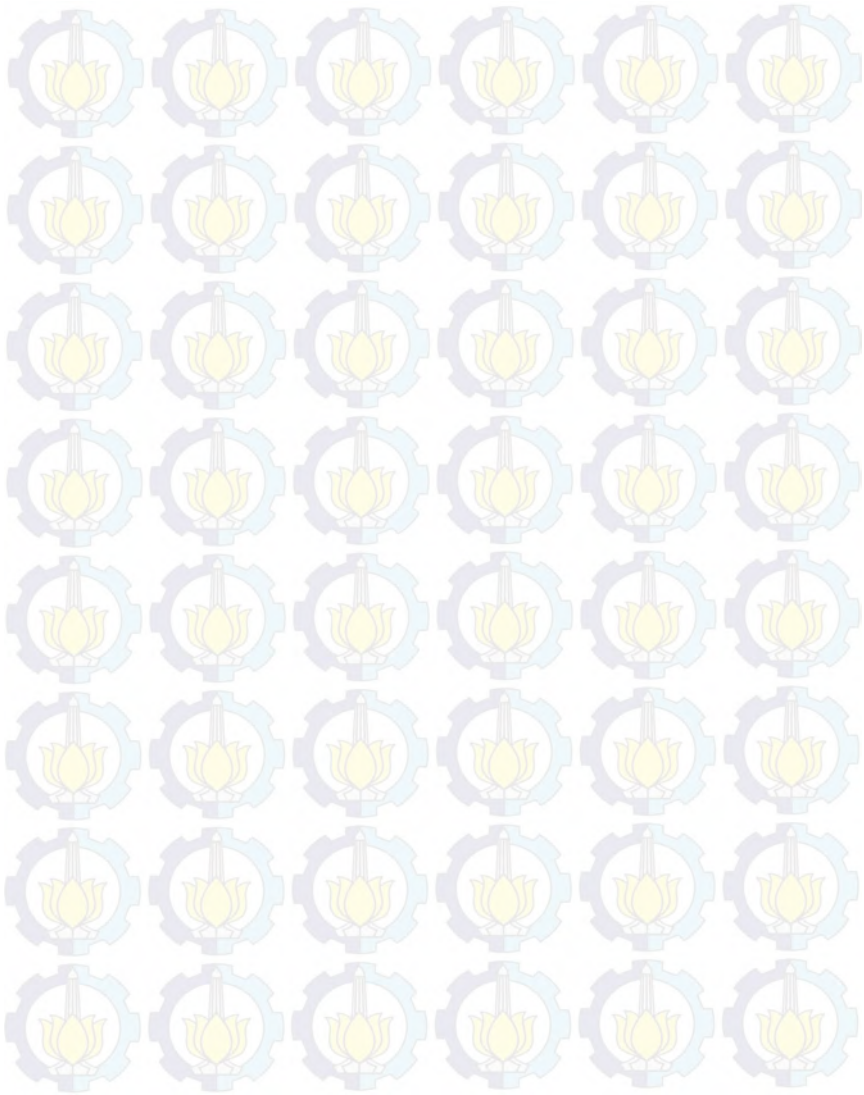
Gambar 2.21 Kontrol *derivative* ^[9]

Karakteristik pengontrol derivative adalah sebagai berikut:

1. Pengontrol ini tidak dapat menghasilkan keluaran bila tidak ada perubahan pada masukannya (berupa sinyal kesalahan).

2. Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan pengontrol tergantung pada nilai T_d (Konstanta *derivative*) dan laju perubahan sinyal kesalahan. (Powel, 1994, 184).
3. Pengontrol *derivative* mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga pengontrol ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar. Jadi, pengontrol *derivative* dapat mengantisipasi kesalahan, memberikan aksi yang bersifat korektif, dan cenderung meningkatkan stabilitas sistem.

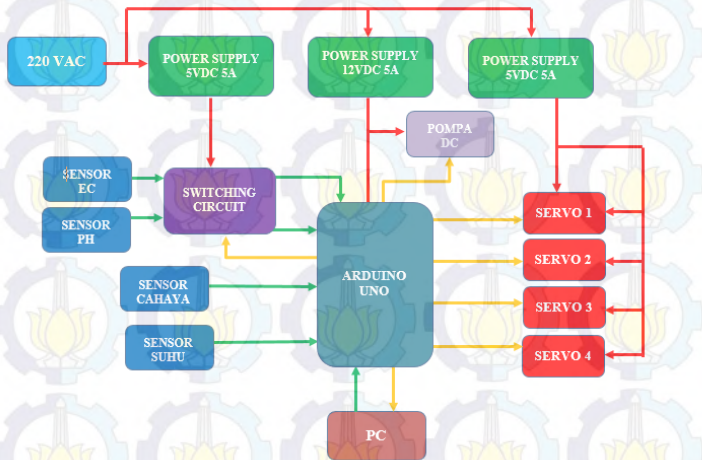




BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.

Sistem kontrol menggunakan arduino uno R3 sebagai mikroprosesor untuk mengolah sinyal analog dan digital dari empat sensor (pH, EC, suhu, dan intensitas cahaya). Besaran pH dan EC digunakan sebagai input kontrol PID. Data EC dan Ph diambil bergantian menggunakan rangkaian switching karena sensor Ph dan EC tidak dapat dioperasikan bersamaan. Besaran sensor suhu digunakan untuk mengkompensasi nilai pH dan EC sedangkan intensitas cahaya digunakan sebagai data tambahan.

Mikroprosesor Arduino Uno akan mengolah besaran-besaran tersebut menjadi nilai pH dan EC yang dapat digunakan kontroler PID. Setelah itu mikroprosesor akan mengeluarkan output yang akan mengontrol empat servo valve untuk mempertahankan atau mengejar nilai pH dan EC yang diinginkan. Servo valve

menggunakan power supply eksternal karena output dari arduino uno tidak sanggup mengontrol empat servo secara bersamaan.

Pompa sirkulasi dioperasikan dengan menggunakan sinyal PWM agar debit pompa dapat diatur dengan mudah. Semua perintah ke mikroprosesor dan data dari mikroprosesor akan diberikan dan ditampilkan di PC melalui software Visual Studio.

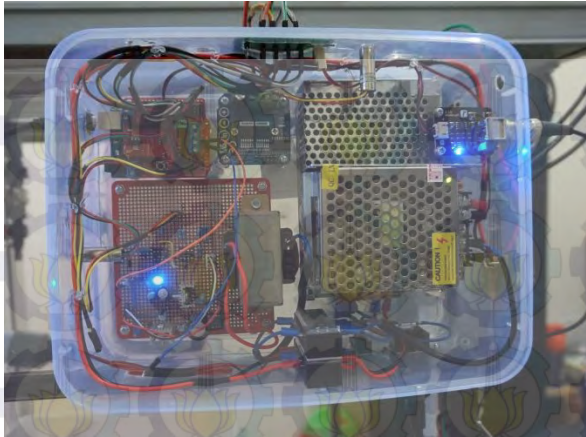
3.2 Hardware Hidroponik Sistem NFT

3.2.1 Rangka Sistem NFT

Rangka ini dibuat dengan menggunakan besi hollow persegi dengan dimensi 2 x 2 cm. Rangka dirancang untuk memuat 3 jalur hidroponik dengan masing jalur berisi 6 lubang. Box kontrol dan rangkaian elektronik ditempatkan di bagian depan rangka.



Gambar 3.2 Rangka sistem NFT



Gambar 3.3 Box kontrol dan rangkaian.

3.2.2 Pompa Sirkulasi Nutrisi

Pompa yang digunakan untuk mengalirkan larutan nutrisi adalah pompa yang menggunakan tegangan DC 12V. Pompa DC dipilih untuk memudahkan pengaturan kecepatan aliran air ke sistem hidroponik. Pompa yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Power Supply: 12VDC
- Working Current: 2.3 A (max)
- Open Flow: 3.5 lt/minute
- Max Pressure: 0.45 Mpa / 80 psi.



Gambar 3.4 Pompa sirkulasi nutrisi.

3.2.3 Pompa Pengaduk Nutrisi

Larutan nutrisi tanaman harus diaduk secara perlahan untuk memastikan air dan nutrisi bercampur sempurna. Pengadukan larutan juga akan sangat membantu untuk proses pembacaan pH dan EC. Proses pengadukan ini memanfaatkan pompa yang biasa digunakan pada akuarium.



Gambar 3.5 Pompa pengaduk.

3.2.4 Sistem Servo Valve dan Botol Nutrisi

Pemberian nutrisi pada reservoir menggunakan keran manual yang dimodifikasi agar dapat diatur berapa derajat bukaannya secara elektronik. Modifikasi ini menggunakan motor servo sebagai aktuatornya. Motor servo yang digunakan adalah motor servo model HS442 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Voltage: 4.8-6.0 Volts
- Torque: 45.82/56.93 oz-in. (4.8/6.0V)
- Speed: 0.21/0.16 sec/60° (4.8/6.0V)
- Direction: Clockwise/ Pulse Traveling 1500-1900usec
- Rotation: 180°
- Nylon Gears
- 3-Pole Ferrite Motor
- C1 Standard Spline

Motor servo dikontrol secara langsung dengan memanfaatkan pwm output dari arduino uno.



Gambar 3.6 Modifikasi keran dengan motor servo.

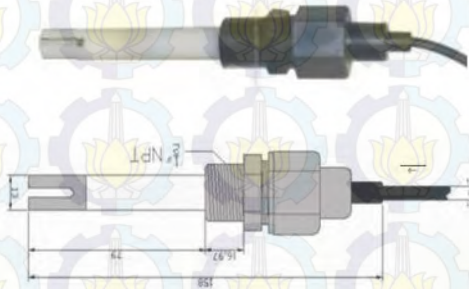


Gambar 3.7 *Assembly* botol nutrisi.

3.3 Instrumentasi Pengukuran *Electrical Conductivity* (EC)

3.3.1 Sensor EC

Sensor yang digunakan untuk mengukur konduktivitas larutan nutrisi adalah sensor yang dikeluarkan oleh OEMTDS. Sensor ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 3.8 Sensor EC.

- Power: 5 to 15vdc with power LED
- Range: 0-5 EC or (0-5000 micro/S)
- Accuracy: 2% error
- Temperature compensation: Yes
- EC electrode: k=1, submersible/ inline with 1-meter cable. Continuous monitoring. Industrial grade.
- Size: 3 " x 2" ABS enclosure

3.3.2 Rangkaian Instrumentasi EC

Modul instrumentasi EC ini mengeluarkan tegangan analog 0-4.5 V yang proporsional dengan nilai EC 0-5000uS.



Gambar 3.9 instrumentasi EC.

3.4 Instrumentasi Pengukuran pH

3.4.1 Sensor pH



Gambar 3.10 Sensor pH.

Modul sensor pH yang digunakan dalam sistem ini adalah modul sensor pH yang dikeluarkan oleh dFrobot. Modul ini berisi sensor pH dan rangkaian instrumentasi dengan output sinyal analog.

Modul pada Gambar 3.1 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Modul Power: 5.00 V
- Measuring Range: 0-14 pH
- Measuring Temperature: 0-60 °C
- Accuracy: ± 0.1 pH (25°C)
- Response Time: ≤ 1 Minute

Sensor pH yang digunakan memiliki karakteristik seperti yang tertera pada Tabel 3.1.

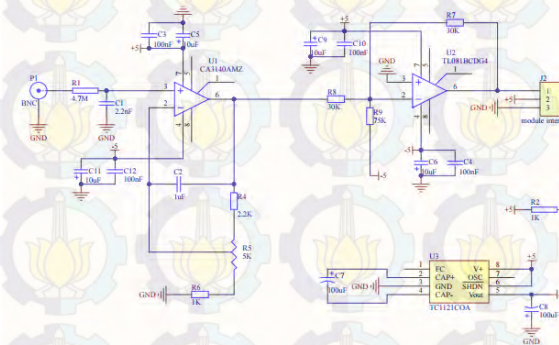
Tabel 3.1 Karakteristik Sensor pH.

Tegangan (mV)	Nilai pH	Tegangan (mV)	Nilai pH
414.12	0	-414.12	14
354.96	1	-354.96	13
259.8	2	-259.8	12
236.64	3	-236.64	11
177.48	4	-177.48	10
118.32	5	-118.32	9

59.16	6	-59.16	8
0	7	0	7

3.4.2 Rangkaian Instrumentasi pH

Output sensor pH sudah berupa sinyal analog bipolar tetapi sensor tersebut memiliki orde output dalam millivolt. Rangkaian instrumentasi diatas berfungsi untuk menguatkan sinyal analog ke hingga ke orde volt. Op-amp pertama berfungsi sebagai penguat. Penguatan ditentukan dari nilai potensiometer dibandingkan dengan R6. Op-amp kedua berfungsi sebagai buffer dengan penguatan 1 kali.



Gambar 3.11 Instrumentasi sensor pH.

3.5 Instrumentasi Pengukuran Intensitas Cahaya

3.5.1 Sensor Intensitas Cahaya

Sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya adalah LDR (Light Dependent Resistor). Sensor ini berubah nilai resistansinya ketika terpapar oleh cahaya. Sebelum digunakan, LDR harus dicari karakteristiknya karena setiap LDR memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pengkarakteristikan LDR dilakukan dengan cara mencari hubungan antara nilai resistansi LDR dan nilai Intensitas cahaya yang didapat dengan menggunakan

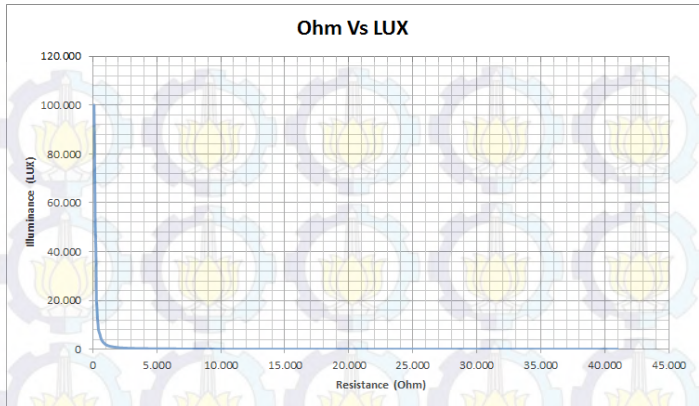
lux meter. Tabel 3.2 adalah data hasil karakteristik LDR yang digunakan.



Gambar 3.12 Karakterisasi LDR.

Tabel 3.2 Hubungan lux dan resistansi LDR.

No.	Lumens (lux)	R (ohm)	No.	Lumens (lux)	R (ohm)
1	15	41.000	11	8.000	450
2	20	28.500	12	10.000	420
3	50	19.500	13	12.000	380
4	70	14.000	14	18.000	320
5	100	9.500	15	20.000	290
6	400	3.000	16	40.000	250
7	1.050	1.560	17	50.000	200
8	2.000	1.000	18	60.000	180
9	4.000	680	19	87.000	130
10	6.000	570	20	100.000	100

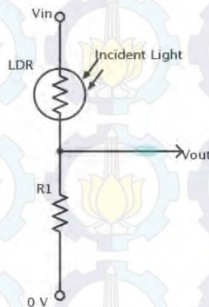


Gambar 3.13 Grafik Ohm vs Lux.

3.5.2 Rangkaian Instrumentasi Intensitas Cahaya

LDR dihubungkan dengan rangkaian pembagi tegangan, semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin kecil resistansi LDR, dengan demikian semakin tinggi output tegangan.

Dari data yang didapat diatas, kita dapat merubah data tersebut ke bentuk logaritmik.

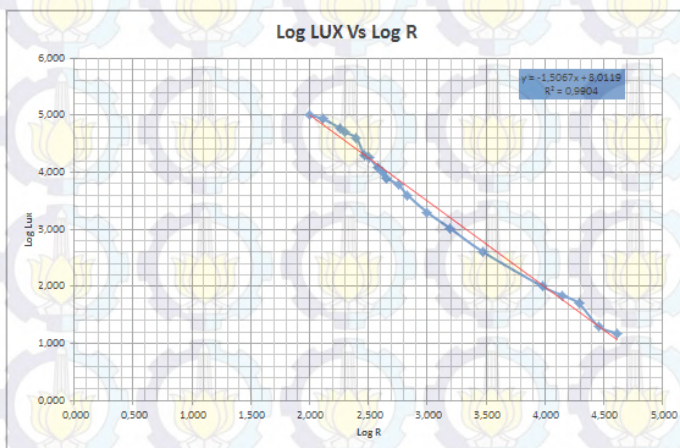


Gambar 3.14 Rangkaian pembagi tegangan dengan LDR. ^[10]

Tabel 3.3 Hubungan log lux dan logR

No.	Log lux	Log R	No.	Log lux	LogR
1	1,176	41.000	11	8.000	450
2	1,301	28.500	12	10.000	420
3	50	19.500	13	12.000	380
4	70	14.000	14	18.000	320
5	100	9.500	15	20.000	290
6	400	3.000	16	40.000	250
7	1.050	1.560	17	50.000	200
8	2.000	1.000	18	60.000	180
9	4.000	680	19	87.000	130
10	6.000	570	20	100.000	100

Dengan data dalam bentuk logaritmik grafik menjadi cenderung linear, dan bila dicari pendekatan linearnya, kita mendapatkan persamaan garis dengan gradient $m = -1,5067$ dan y -intercept $c = 8,0119$.



Gambar 3.15 Grafik lux dan Ohm dalam log.

Grafik pendekatan diatas mempunyai persamaan umum:

$$\log_{10}(lux) = m \times \log_{10}(R) + c$$

$$10^{\log_{10}(lux)} = 10^{m \times \log_{10}(R) + c}$$

Dengan penyederhanaan menjadi,

$$lux = 10^{m \times \log_{10}(R)} \times 10^c$$

$$= 10^{(\log_{10}(R))^m} \times 10^c$$

$$lux = R^m \times 10^c$$

Fungsi resistansi terhadap intensitas cahaya untuk LDR yang digunakan menjadi,

$$lux = R^{-1,5067} \times 10^{8,0119}$$

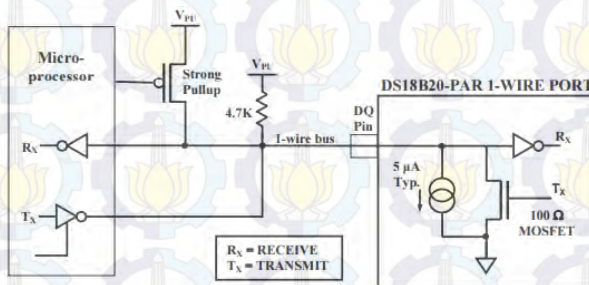
3.6 Instrumentasi Pengukuran Suhu

Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu larutan nutrisi adalah sensor suhu DS18B20. Sensor ini adalah thermometer digital yang memberikan 9-12 bit data temperature digital dalam celcius. Sensor ini tidak membutuhkan *power supply* eksternal (mode parasit) karena sensor ini langsung mengambil daya dari jalur data.



Gambar 3.16 Sensor suhu DS18B20

DS18B20 berkomunikasi dengan menggunakan 1-wire bus, yang berarti hanya membutuhkan satu jalur data (dan ground) untuk berkomunikasi dengan mikroprosesor. Sensor ini memiliki temperature kerja antara $-55 - +100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.17 Pemakaian umum sensor DS18B20.

BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1 Data dan analisa sensor EC.

4.1.1. Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan dua macam larutan, larutan pertama dengan EC terendah sebagai batas bawah dan larutan pertama dengan EC tertinggi yang akan diukur sebagai batas atas.

Larutan dengan nilai EC terendah digunakan untuk mengatur output batas bawah dari instrumentasi EC sedangkan larutan dengan nilai EC tertinggi untuk batas atas dari output. Modul instrumentasi yang digunakan memberikan keluaran yang linear dan proporsional terhadap nilai EC.



Gambar 4.1 Proses kalibrasi instrumentasi sensor EC.

4.1.2. Pengambilan data

Pengambilan data sensor EC dilakukan dengan membandingkan bacaan sensor dengan EC meter yang tersedia di pasaran.

Data diambil dengan menggunakan air keran yang dicampur dengan nutrisi hidroponik hingga didapat nilai EC dari 470 hingga 3000. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil 5 data dengan rentan antara 1000-5000 uSiemens.



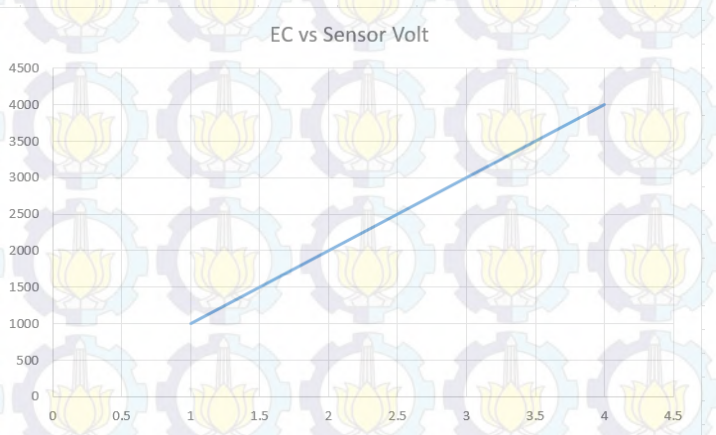
Gambar 4.2 EC dan TDS meter.



Gambar 4.3 Proses pengambilan data EC vs Sensor output.

Tabel 4.1 Hubungan EC, output sensor dan output instrumentasi.

No	Temp (C)	EC (uS)	vSensor (volt)
1	25	1000	1.0
2	25	2000	2.0
3	25	3000	3.0
4	25	4000	4.0



Gambar 4.4 EC vs Sensor output.

4.1.3. Analisa

Sensor dan modul instrumentasi yang digunakan bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diberikan oleh produsen. Berikut adalah hasil verifikasi bacaan sensor dengan menggunakan mikrokontroler dibandingkan dengan bacaan EC meter yang tersedia di pasaran.

Tabel 4.2 Verifikasi Sensor EC.

No.	EC meter	arduino	error
1	498	550	-52
2	2944	2950	-6
3	1136	1215	-79
4	1570	1600	-30
5	2030	2045	-15
6	2630	2620	10

Dari hasil verifikasi pada Tabel 4.2 terlihat bahwa hasil pembacaan sensor yang dirancang tidak berbeda terlalu jauh dari EC meter yang tersedia di pasaran. Perbedaan pembacaan disebabkan oleh kualitas sensor dan instrumentasi yang juga berbeda.

4.2. Data dan analisa sensor pH.

4.2.1. Kalibrasi.

Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan dua cairan kalibrasi pH asam-basa dan pH netral 7. Langkah-langkah kalibrasi adalah sebagai berikut:

1. Sambungkan sensor pH dan upload program ke arduino uno.
2. Masukkan sensor pH kedalam larutan dengan pH 7 atau *Short-circuit* BNC konektor untuk mendapatkan nilai pH 7. Jika yang terbaca tidak sama dengan 7, tambahkan/kurangi nilai offset pada program hingga terbaca pH = 7.
3. Masukkan sensor pH ke larutan dengan pH 4, atur besar penguatan dengan memutar potensiometer hingga terbaca pH =
4. Masukkan sensor pH ke larutan dengan pH 9, atur besar penguatan dengan memutar potensiometer hingga terbaca pH = 9.



Gambar 4.5 pH buffer powder.

4.2.2. Pengambilan data.

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan air keran yang dinaik dan diturunkan nilai pH nya dengan menggunakan larutan penaik dan penurunan pH.

Data yang didapat adalah tersaji pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hubungan pH dan output sensor pH.

No	PH	Vout (V)	No	PH	Vout (V)
1	1	0,227	8	8	2,258
2	2	0,521	9	9	2,548
3	3	0,810	10	10	2,837
4	4	1,100	11	11	3,127
5	5	1,390	12	12	3,417
6	6	1,679	13	13	3,706
7	7	1,969	14	14	3,996

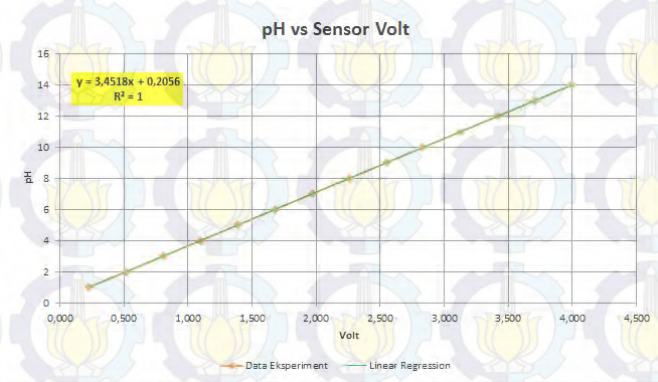


Gambar 4.6 pH up dan pH down.

4.2.3. Analisa

Dari data pada gambar 4.7 terlihat bahwa respon dari sensor pH yang digunakan linear, maka dari itu fungsi pH terhadap output sensor dapat dituliskan dalam suatu persamaan garis linear sebagai berikut.

$$pH = 3,4518 V_{out} + 0,2056 \quad (4.1)$$



Gambar 4.7 pH vs Output sensor.

4.3. Data dan analisa sensor suhu DS18B20.



Gambar 4.8 Fluke meter dengan fitur pembacaan suhu.

Sensor DS18B20 tidak memungkinkan dilakukan kalibrasi, maka dari itu, data diverifikasi dengan alat ukur lain yang tersedia, dalam hal ini alat ukur yang menjadi acuan adalah fluke meter dengan fitur pembacaan suhu.

Dari hasil verifikasi pada Tabel 4.4 terlihat bahwa, error terbesar hanya 1,21% dengan rata – rata error sebesar 0,68%.

Tabel 4.4 Verifikasi sensor temperatur.

No.	Fluke	DS18B20	error	% error
1	28,5	28,76	0,26	0,91
2	30,87	31,06	0,19	0,62
3	37,3	37,75	0,45	1,21
4	40,1	40,3	0,2	0,50

5	50,3	50,6	0,3	0,60
6	60,4	60,95	0,55	0,91
7	70,1	70,54	0,44	0,63
8	80,4	80,97	0,57	0,71
9	90,2	90,56	0,36	0,40
10	100,3	100,7	0,4	0,40

4.4. Pengujian dan analisa sensor intensitas cahaya

Pengujian sensor cahaya dilakukan dengan cara yang sama dengan saat mengambil data hubungan antara lux dan resistansi LDR yaitu dengan memaparkan cahaya pada LDR dan pada lux meter yang dijadikan referensi.

Hasil verifikasi pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa error bacaan sensor yang dirancang sangat besar. Hal ini disebabkan karena sulitnya untuk mendekati karakteristik LDR untuk mendapatkan nilai intensitas cahaya yang sesuai.

Tabel 4.5 Verifikasi LDR

LUX meter	LDR	Error
41	124,51	-83,51
152	577	-425
500	2460	-1960
3200	7400	-4200

4.5. Pengujian dan analisa keran nutrisi

4.5.1. Pengujian keran nutrisi

Pengujian keran nutrisi A dan B dilakukan untuk melihat respon sensor EC terhadap bukaan keran nutrisi. Pengujian dilakukan dengan posisi keran seperti yang tertera pada Tabel 4.6.

Dari pengujian pada Tabel 4.6 didapatkan respon sensor EC yang dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Tabel 4.6 Pengujian Keran A

No.	Posisi Keran A (Derajat)	Posisi Keran B (Derajat)	Ratio Nutrisi A	Volume Reservoir
1	150	150	1:1	10 L



Gambar 4.9 Respon sensor EC.

4.5.2. Pengujian keran pH.

Pengujian keran pH dilakukan untuk melihat respon sensor pH terhadap bukaan keran pH. Pengujian dilakukan dengan posisi keran seperti yang tertera pada Tabel 4.7.

Dari pengujian pada Tabel 4.7 didapatkan respon sensor pH yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Tabel 4.7 Pengujian Keran pH UP.

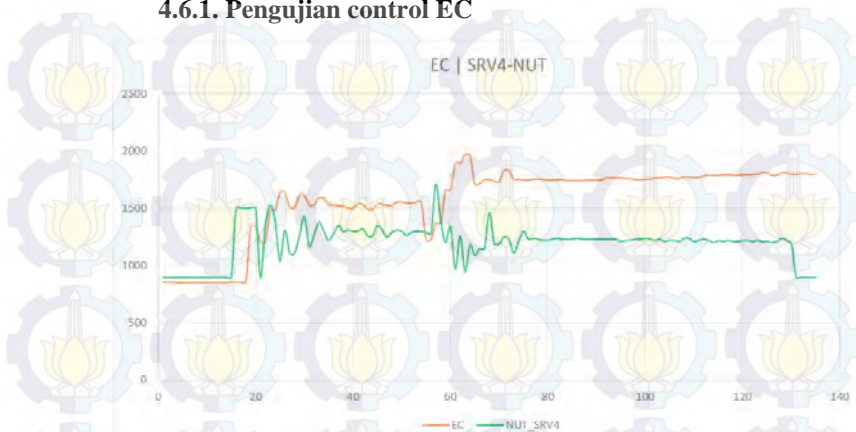
No.	Posisi Keran pH up (Derajat)	Ratio pH UP (500ml)	Volume Reservoir
1	150	1:1	10 L



Gambar 4.10 Respon sensor pH.

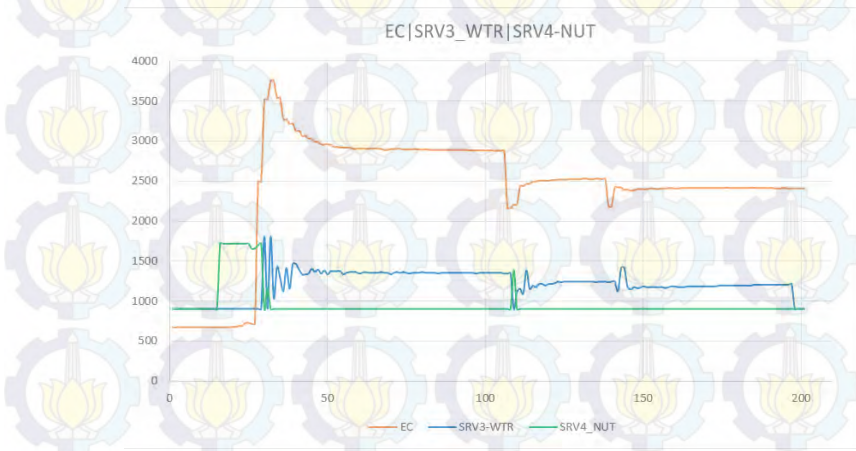
4.6. Pengujian dan analisa control reservoir nutrisi

4.6.1. Pengujian control EC



Gambar 4.11 Pengujian control EC 1

Hasil pengujian pada Gambar 4.11 dilakukan dengan set point 1500-2000 uS, nilai $K_p = 0.03$, $K_i = 0.015$, $K_d = 0.05$. Terlihat pada Gambar 4.11, saat nilai EC di bawah set point keran terbuka cukup besar dan saat nilai EC mendekati set point bukaan keran mengecil.

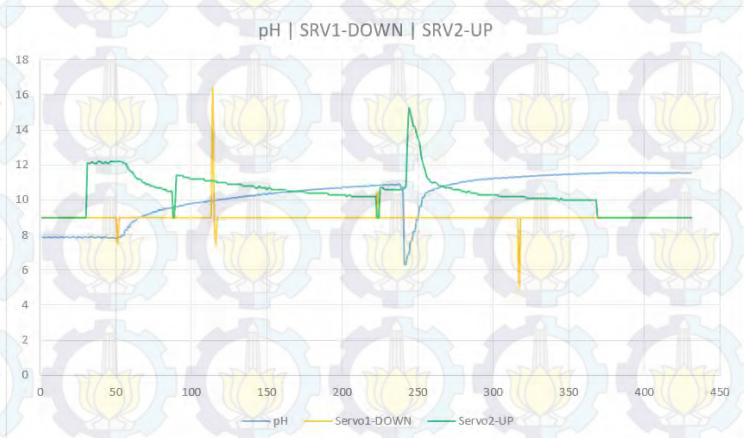


Gambar 4.12 Pengujian control EC 2

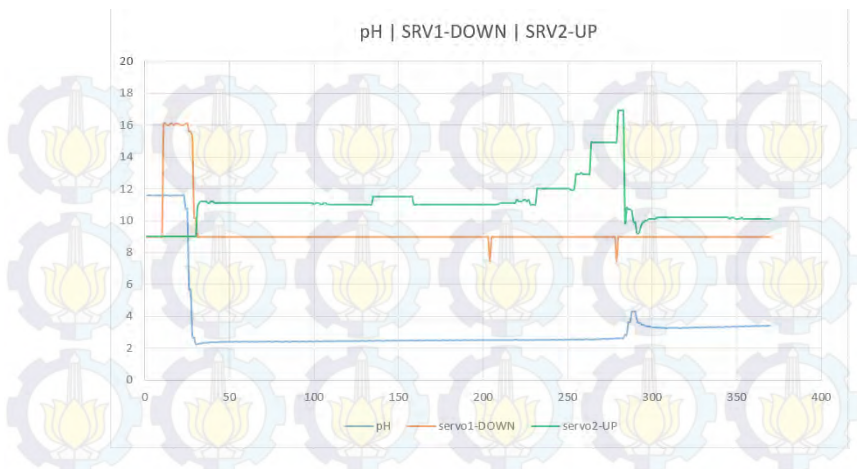
Hasil pengujian pada gambar 4.12 dilakukan dengan set point 2300-2500 uS, nilai $K_p = 0.03$, $K_i = 0.015$, $K_d = 0.05$. Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai EC sempat melewati set point. Saat EC melewati set point, sistem membuka keran air untuk menurunkan nilai EC mendekati set point. Dan dari grafik juga terlihat bahwa sistem juga merespon penurunan nilai EC dengan membuka keran nutrisi.

4.6.2. Pengujian kontrol pH

Hasil pengujian pada Gambar 4.13 dilakukan dengan set point 11-12, nilai $K_p = 10$, $K_i = 0.3$, $K_d = 2$. Dari grafik di atas terlihat system berhasil mendekati nilai pH yang diinginkan dengan membuka keran pH UP diawal grafik, saat ada gangguan berupa penurunan nilai pH yang drastis, keran pH UP kembali terbuka untuk kembali mengejar nilai pH yang diinginkan.



Gambar 4.13 Pengujian control pH 1



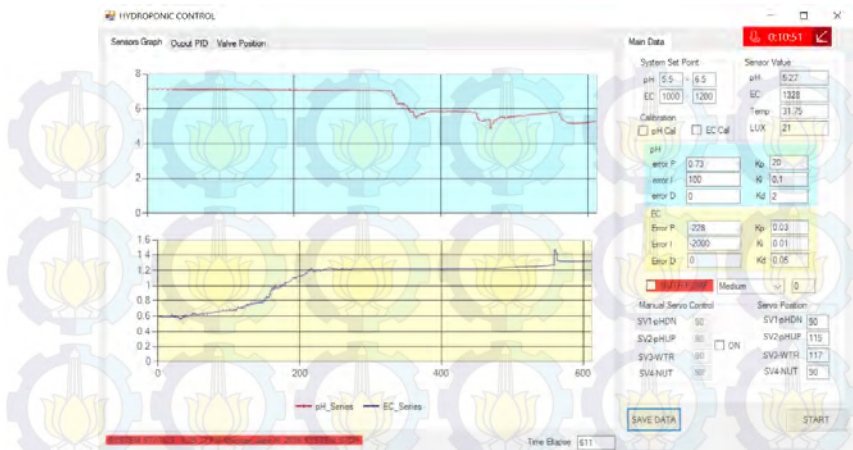
Gambar 4.14 Pengujian control pH 2

Hasil pengujian pada Gambar 4.14 dilakukan dengan set point 3-4 nilai $K_p = 10$, $K_i = 0.3$, $K_d = 2$. Dari grafik di atas terlihat keran pH-DOWN terbuka cukup besar pada awal grafik dan menghasilkan penurunan nilai pH yang drastic. Nilai pH yang didapat berada di bawah nilai set point, maka dari itu keran pH-UP terbuka untuk berusaha menyesuaikan nilai pH, hingga pada akhirnya keran pH-UP terbuka lebih besar sampai nilai pH yang diinginkan tercapai.

4.6.3. Pengujian control EC dan pH.

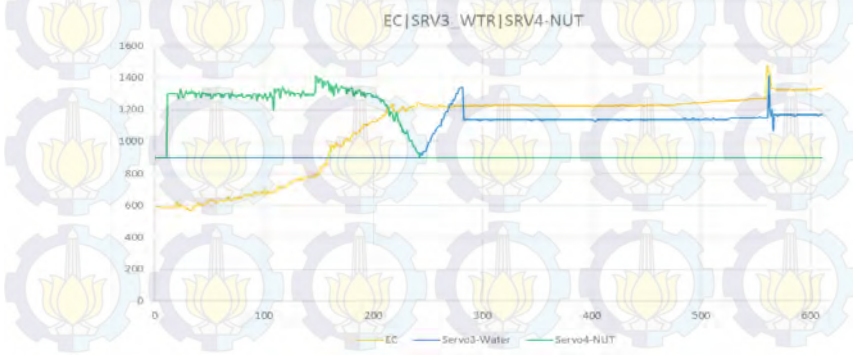
A. Pengujian A

Pengujian sistem dilakukan dengan parameter-parameter yang terlihat pada tampilan HMI Visual Studio pada Gambar 4.15.

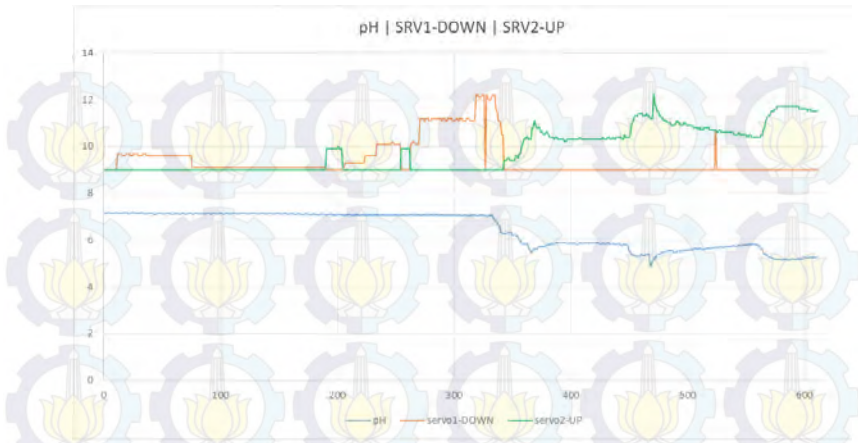


Gambar 4.15 Tampilan HMI pengujian sistem 1

Pada pengujian ini sistem kontrol mengalami kesulitan saat berusaha menyesuaikan nilai EC ketika nilai EC berada di atas set point walaupun keran berhasil merespon seperti seharusnya. Perbedaan nilai EC antara set point dan hasil kontrol sekitar 20 uSiemens. Pada sisi kontrol pH, sistem kontrol berhasil menyesuaikan nilai pH dari yang awalnya bernilai 7 hingga ke nilai pH antara 5.5 -6.5 seperti yang terlihat pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17.



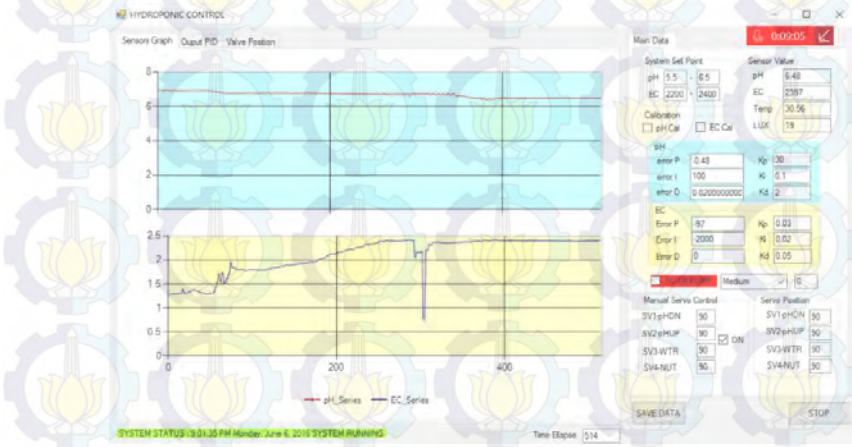
Gambar 4.16 Grafik Hasil Pengujian Sistem ke 1- EC



Gambar 4.17 Grafik Hasil Pengujian Sistem ke 1- pH

B. Pengujian B

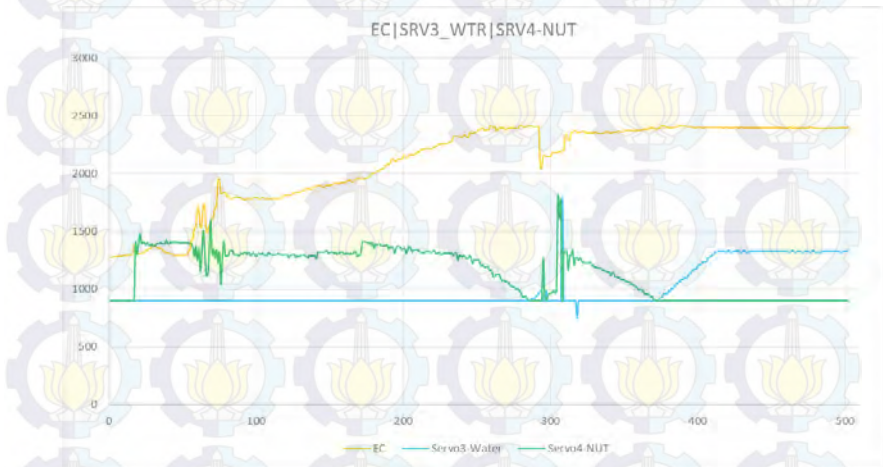
Pengujian sistem dilakukan dengan parameter-parameter yang terlihat pada tampilan HMI Visual Studio pada Gambar 4.18. Pengujian ini dilakukan dengan nilai set point EC yang lebih tinggi dari yang sebelumnya.



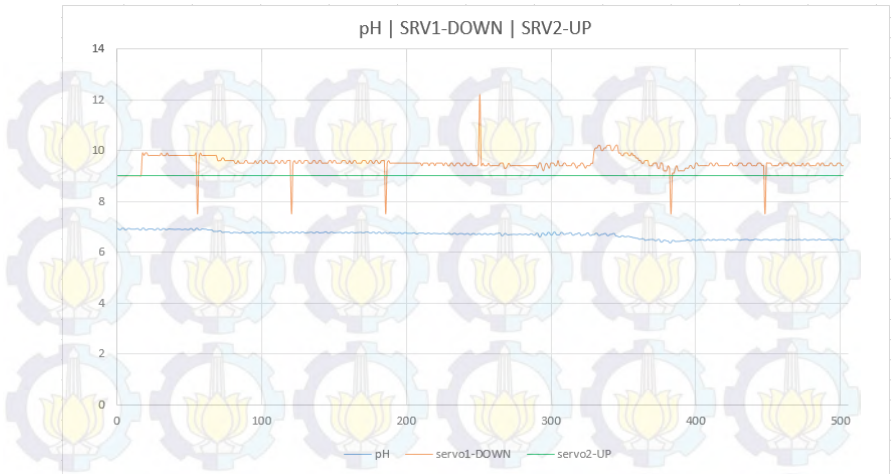
Gambar 4.18 Tampilan pengujian sistem 2

Pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 terlihat respon sistem kontrol terhadap nilai EC. Sistem berhasil mendekati nilai EC yang diharapkan dengan membuka keran nutrisi pada awal grafik. Lalu nilai EC diganggu dengan menambahkan air untuk menurunkan nilai EC, dari grafik terlihat keran nutrisi kembali terbuka sesaat untuk menyesuaikan nilai EC. Sistem berusaha mempertahankan nilai EC dengan membuka keran air.

Pada sisi kontrol pH, sistem berhasil menyesuaikan nilai pH yang diinginkan yaitu antara 5.5 – 6.5.



Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengujian Sistem ke 2- EC



Gambar 4.20 Grafik Hasil Pengujian Sistem ke 2- pH

Pengujian A dan Pengujian B dilakukan sebanyak masing – masing 5 kali untuk mendapatkan performa kontroler PID yang hasilnya terdapat pada table 4.8. Dari pengujian yang dilakuakn terlihat bahwa rata settling time kontoller berkisar antara 202-213 ms dengan standart deviasi anantara 32 – 44. Perhitungan standart deviasi dihitung dengan menggunakan fungsi yang tersedia pada software microsoft excel.

Tabel 4.8 Performa PID Kontroller

No.	Pengujian	Nilai Awal		Set Point		Settling Time (s)	Rata - Rata Settling Time (s)	Stadart Deviasi
		pH	EC (uS)	pH	EC (uS)			
1	Kontrol EC dan pH 1	7.6	520	5.5-6.5	1000-1200	220	213	32
2						265		
3						205		
4						165		
5						210		
6	Kontrol EC dan pH 2	7.6	520	5.5-6.5	2200-2400	250	201	44
7						180		
8						230		
9						125		
10						220		



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Sistem kontrol hidroponik yang dirancang secara garis besar sudah dapat mengejar nilai set point EC dan pH yang ditentukan dengan error rata-rata berkisar 500uS untuk EC dan 1 untuk pH. Settling time yang dibutuhkan adalah berkisar 201-213 detik dengan deviasi 32-44.

Secara elektronik sistem sudah berfungsi sesuai yang diharapkan. Kekurangan kinerja sistem dikarenakan sistem mekanik keran modifikasi dengan servo dan botol nutrisi yang kurang sempurna (terlalu berat, tidak seragam, terpengaruh level cairan).

Pengukuran nilai intensitas cahaya tidak berhasil mendekati nilai yang seharusnya sedangkan pengukuran suhu berhasil mengukur suhu dengan nilai error di bawah 1%.

5.2. Saran

1. Melihat hasil pengukuran intensitas cahaya dengan LDR, disarankan agar menggunakan sensor yang lain untuk mengukur intensitas cahaya.
2. Mekanisme servo untuk mengatur dosis nutrisi disarankan agar diganti dengan mekanisme pompa.

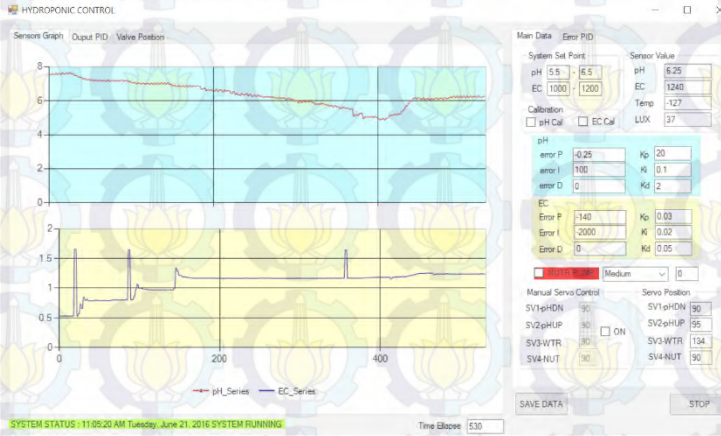
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim.” FAQ: Electrical Conductivity in Hydroponic”. April 2016. Tersedia: <http://goo.gl/Ea2FpT>
- [2] Amira. “Tahukah Kamu Pentingnya EC (Electro Conductivity) Pada Tanaman Hidroponik?”. April 2016. Tersedia : <http://goo.gl/ZNpYO0>
- [3] Anonim. “Why is it important i have the correct Ph levels?”. April 2016. Tersedia : <http://goo.gl/xsDMD5>
- [4] Anonim. “Tabel untuk ukuran PPM dan PH Hidroponik”. April 2016. Tersedia: <http://goo.gl/xsDMD5>.
- [5] Anonim.” pH”.April 2016. Tersedia: <http://www.simplyhydro.com/ph.htm>
- [6] Amira. “6 Sistem Hidroponik Yang Perlu Anda Ketahui”. April 2016. Tersedia: <http://goo.gl/bm8HGr>
- [7] Anonim. “Pupuk Hidroponik AB Mix”. April 2016. Tersedia: <http://goo.gl/WyR4ed>
- [8] Texas Instrument. “AN-1852 Designing with pH Electrodes”. September 2008.
- [9] Tehrani.Kamzis Arab. “PID Control Theory”. University of Nancy.Februari 2012.
- [10] William, David. “Design LUX meter using LDR”. Desember 2015. Tersedia: <http://goo.gl/RCa8Ri>

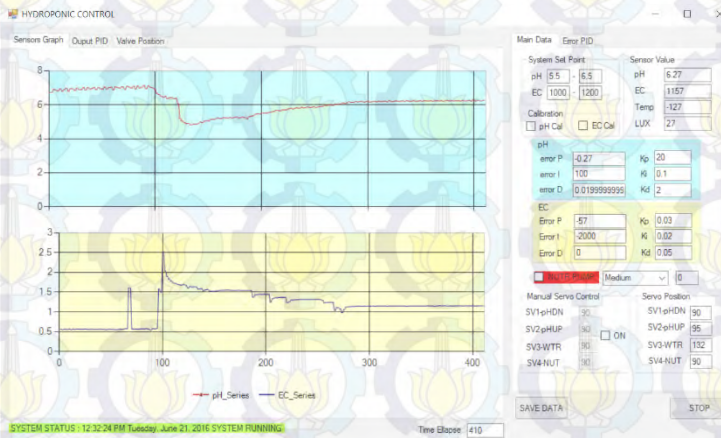
LAMPIRAN 1

Pengujian Kontrol EC dan pH

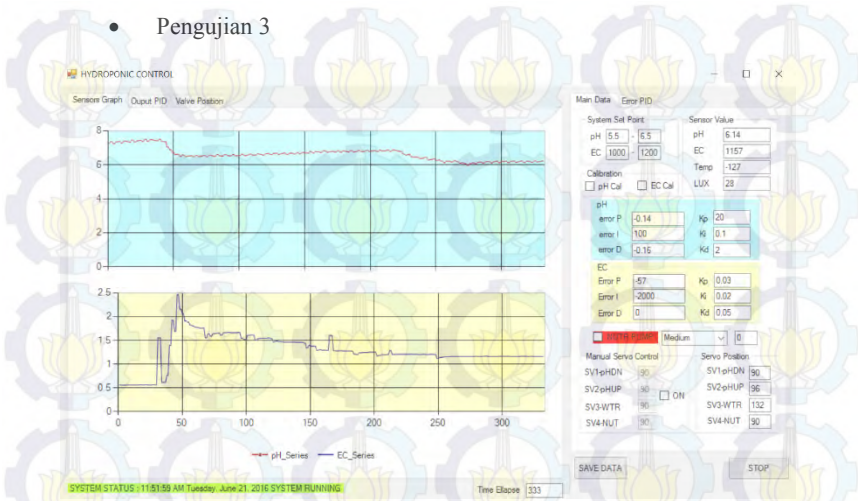
- Pengujian 1



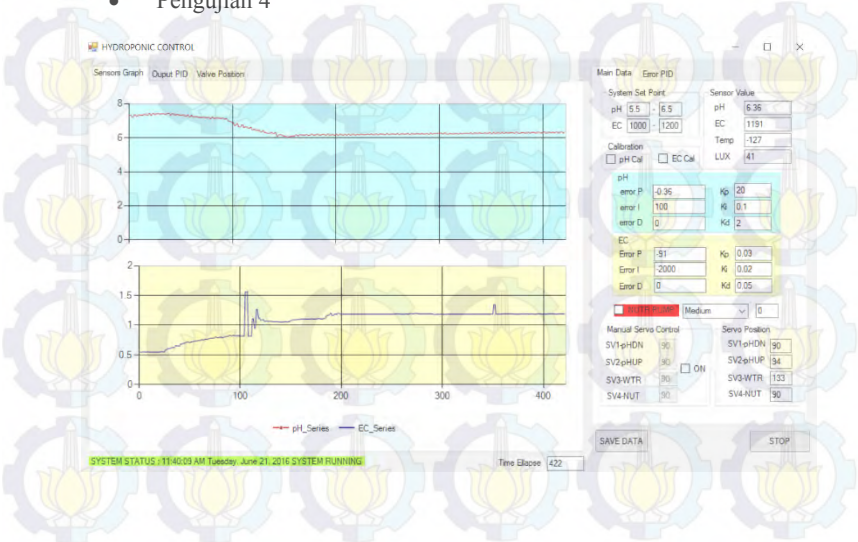
- Pengujian 2



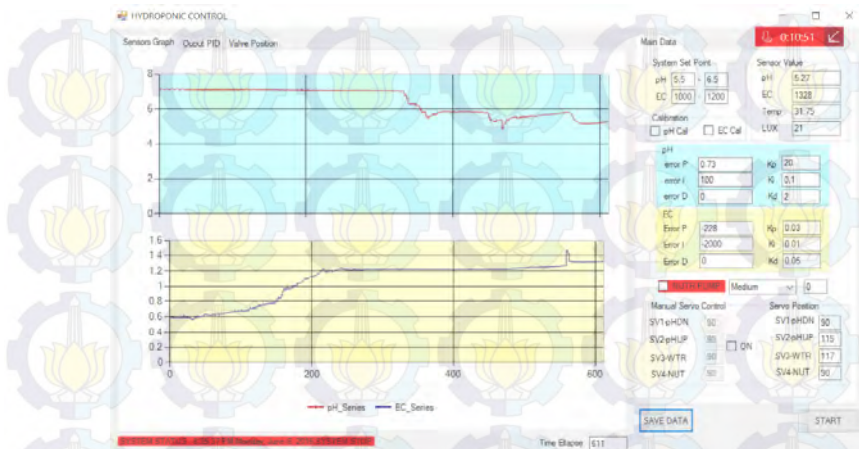
• Pengujian 3



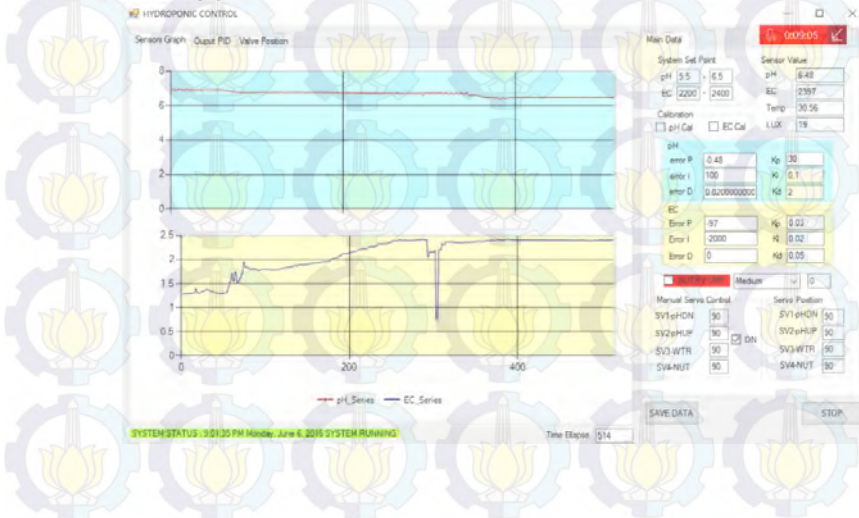
• Pengujian 4



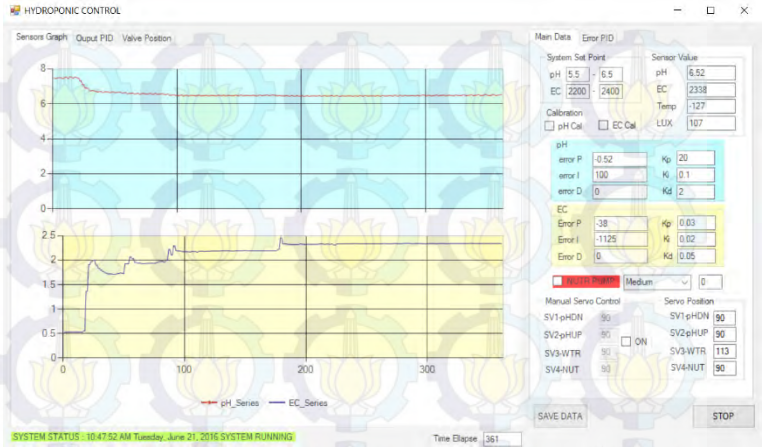
- Pengujian 5



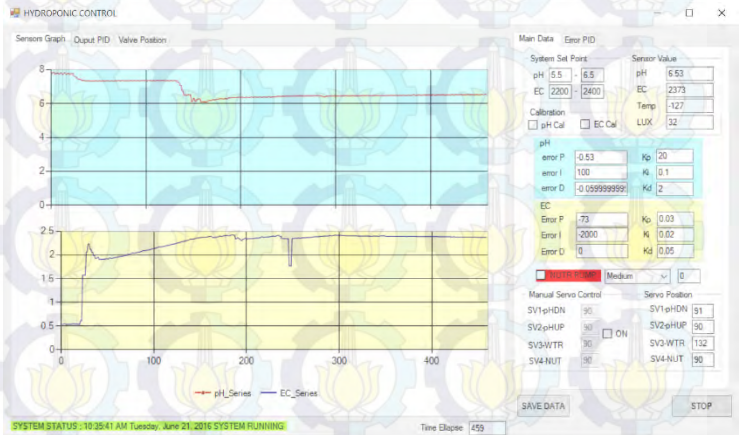
- Pengujian 6



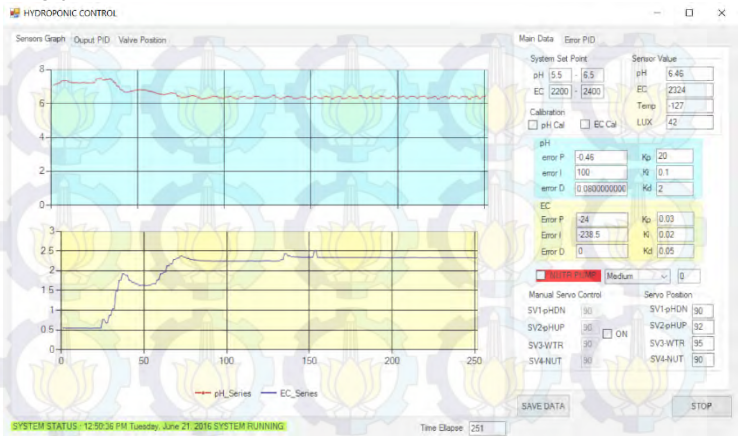
- **Pengujian 7**



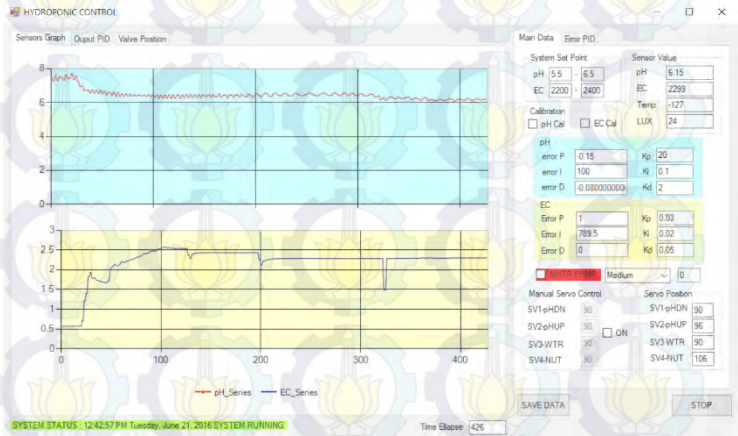
- **Pengujian 8**



- **Pengujian 9**



- **Pengujian 10**



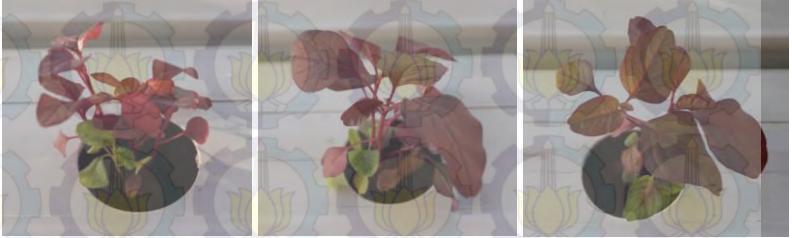


-halaman ini sengaja dikosongkan-

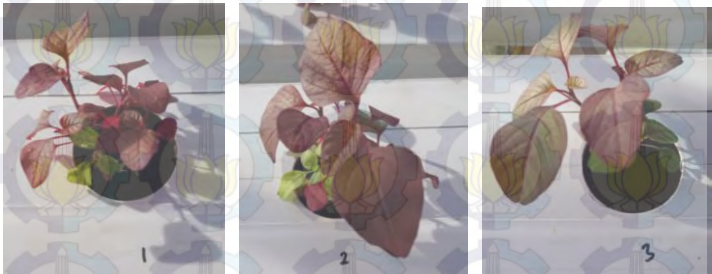
LAMPIRAN 2

Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah

- Hari Pertama



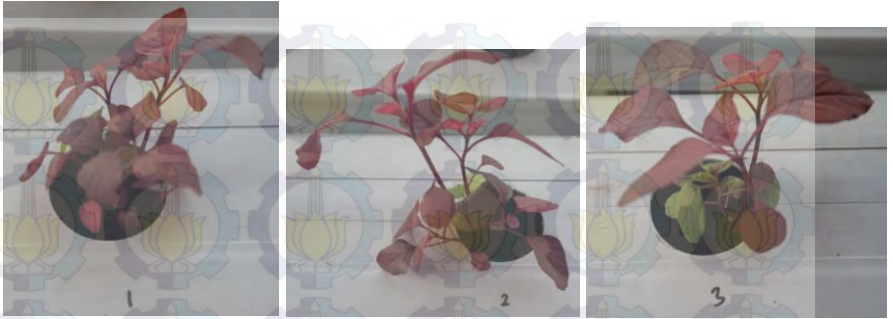
- Hari Kedua



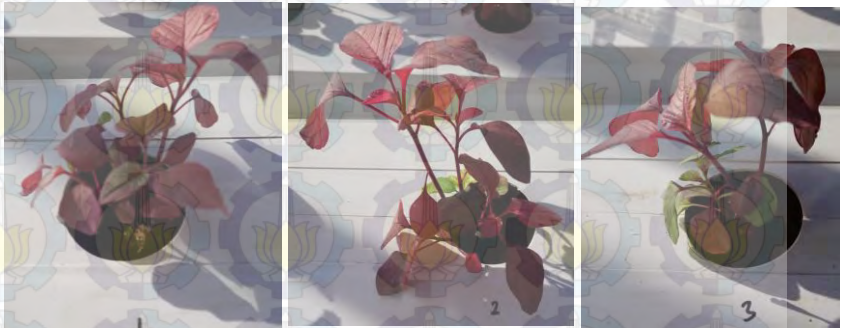
- Hari Ketiga



- Hari Keempat



- Hari Kelima



- Hari Keenam



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bandung 13 Juli 1988. Penulis adalah mahasiswa strata 1 di jurusan teknik elektro, fakultas teknologi industry, Institut teknologi Sepuluh November Surabaya. Penulis menyelesaikan pendidikan diploma III di Politenik Negeri Bandung, program studi teknik elektronika pada tahun 2009 dengan IPK 2.91 dan penghargaan tugas akhir terbaik program studi elektronika , dimana sebelumnya penulis lulus dari SMA Negeri 2 Bandung pada tahun 2006. Penulis sempat bekerja di perusahaan multinasional PT. Halliburton Wireline and Perforating sebagai teknisi elektro-mekanikal dari tahun 2009 – 2016. Penulis menyelesaikan studi strata 1 pada tahun 2016.

Email: mgiriginanjar@gmail.com