

LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT *MONITORING ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC)* DAN NILAI *POWER OF HYDROGEN (pH)* PADA INSTALASI HIDROPONIK

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan Tugas Akhir jenjang
Program Diploma Tiga



Disusun oleh:

Nama: Sofwa Marwah

NIM: 07.15.19.022

**PROGRAM STUDI TATA AIR PERTANIAN
POLITEKNIK ENJINIRING PERTANIAN INDONESIA (PEPI)
BADAN PENYULUHAN DAN PENGEMBANGAN SDM PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT *MONITORING ELECTRICAL CONDUCTIVITY* (EC) DAN NILAI *POWER OF HYDROGEN* (pH) PADA INSTALASI HIDROPONIK

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya Pertanian (A.Md.P)

Disusun oleh:

Nama : Sofwa Marwah

NIM : 07.15.19.022

**PROGRAM STUDI TATA AIR PERTANIAN
POLITEKNIK ENJINIRING PERTANIAN INDONESIA (PEPI)
BADAN PENYULUHAN DAN PENGEMBANGAN SDM PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN
2022**

**HALAMAN PENGESAHAN
UJIAN TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN ALAT *MONITORING ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC)* DAN NILAI *POWER OF HYDROGEN (PH)* PADA INSTALASI HIDROPONIK
Nama : Sofwa Marwah
NIM : 07.15.19.022
Program Studi : DIII Tata Air Pertanian
Jenjang : Diploma Tugas (DIII)

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi DIII Tata Air Pertanian Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia (PEPI)

Serpong, 2022

1 Penguji 1

Tanda Tangan

Dr. Andy Saryoko, SP., MP
NIP. 198203092005011003

Dr. Andy Saryoko, SP., MP

2 Penguji 2

Tanda Tangan

Arief Wicaksono, S.Si., M.Si
NIDN. 4421097901

Arief Wicaksono, S.Si., M.Si

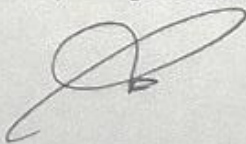
3 Penguji 3

Tanda Tangan

Rahmat, S.TP., M.T
NIP. 196910071998021001

Rahmat, S.TP., M.T

Mengetahui,
Ketua Program Studi TAP
Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia


Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru, M.Eng
NIP. 196407251992031002

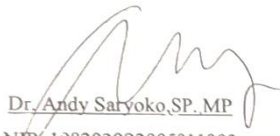
HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : RANCANG BANGUN ALAT *MONITORING ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC)* DAN NILAI *POWER OF HYDROGEN (PH)* PADA INSTALASI HIDROPONIK
Name : Sofwa Marwah
NIM : 07.15.19.022
Program Studi : DIII Tata Air Pertanian
Jenjang : Diploma Tugas (DIII)

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

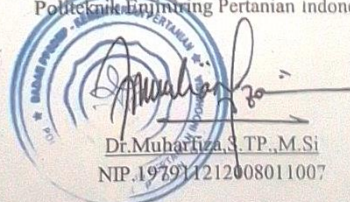

Dr. Andy Saryoko, SP. MP
NIP. 198203092005011003


Arief Wicaksono, S.Si., M.Si
NIDN. 4421097901

Mengetahui,
Ketua Program Studi TAP
Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia (PEPI)


Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru, M.Eng
NIP. 196407251992031002

Direktur
Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia


Dr. Muhafriza, S.TP., M.Si
NIP. 197911212008011007

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Sofwa Marwah

NIM : 07.15.19.022

Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN ALAT *MONITORING ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC) DAN NILAI POWER OF HYDROGEN (pH)* PADA INSTALASI HIDROPONIK

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini merupakan karya ilmiah hasil pemikiran sendiri secara orisinil dan saya susun secara mandiri dengan tidak melanggar kode etik hak karya cipta. Laporan Tugas Akhir ini juga bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik tertentu suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata Laporan Tugas Akhir ini terbukti melanggar kode etik karya cipta atau merupakan karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan sesungguhnya.

Serpong, 16 Agustus 2022,
Yang membuat Pernyataan,

Sofwa Marwah
NIM.07.15.19.022

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING *ELECTRICAL CONDUCTIVITY* (EC) DAN NILAI *POWER OF HYDROGEN* (pH) PADA INSTALASI HIDROPONIK

Disusun oleh :

Sofwa Marwah

NIM : 07.15.19.022

Abstrak

Lahan pertanian yang menyempit mengakibatkan banyak petani dan masyarakat yang berpindah cara bercocok tanam dari cara konvensional menjadi budidaya dengan teknologi tanpa media tanam salah satunya sistem hidroponik. Dalam proses budidaya tanaman menggunakan sistem hidroponik harus selalu dilakukan pengecekan kadar nutrisi pada media air, pengecekan ini harus dilakukan minimal 1 kali sehari menggunakan TDS Meter. Dalam larutan nutrisi hidroponik tersebut terdapat kandungan garam yang terlarut yang akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, kandungan garam ini bisa diukur secara akurat menggunakan EC meter atau sensor EC. Selain kandungan garam, nilai asam pada larutan nutrisi hidroponik juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, sehingga nilai pH tanaman juga harus diperhatikan, nilai pH ini bisa diukur menggunakan sensor pH. Pada kegiatan ini saya ingin membuat sebuah alat untuk *monitoring* kadar nutrisi *Electrical Conductivity* (EC) dan kadar pH Air pada sistem budidaya hidroponik yang bisa dimonitoring melalui LCD. Alat ini tentunya akan memudahkan petani dalam proses budidaya hidroponik. Metode pengujian alat menggunakan larutan kalibrasi dan pengaruh suhu terhadap nilai EC dan pH yang dihasilkan. Melalui pengujian sensor EC dan sensor pH akan mendapatkan persamaan yang selanjutnya akan dijadikan acuan pada program mikrokontroler. Hasil dari pengujian ini didapatkan bahwa nilai EC dan pH berbanding lurus dengan suhu, seiring naiknya suhu maka nilai EC dan pH akan naik dan tegangan yg dihasilkan juga meningkat.

Kata kunci: Hidroponik, Sensor EC, Sensor pH, Suhu

DESIGN AND BUILD AN ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC) MONITORING DEVICE AND THE VALUE OF POWER OF HYDROGEN (pH) IN HYDROPONIC INSTALLATIONS

Compiled by :

Sofwa Marwah

NIM : 07.15.19.022

Abstract

Narrowed agricultural land has resulted in many farmers and communities changing their way of farming from conventional methods to cultivation with technology without planting media, one of which is the hydroponic system. In the process of cultivating plants using a hydroponic system, it must always be checked for nutrient levels in water media, This check must be done at least 1 time per day using the TDS Meter. In the hydroponic nutrient solution, there is a dissolved salt content that will affect plant growth, This salt content can be measured accurately using an EC meter or EC sensor. In addition to the salt content, the acid value in hydroponic nutrient solutions also affects plant growth, so that the pH value of the plant must also be considered, this pH value can be measured using a pH sensor. In this activity, I want to make a tool for monitoring electrical conductivity (EC) levels and water pH levels in hydroponic cultivation systems that can be monitored via LCD. This tool will certainly make it easier for farmers in the hydroponic cultivation process. The test method of the tool using a calibration solution and the influence of temperature on the resulting EC and pH values. Through testing the EC sensor and the pH sensor will get an equation that will then be used as a reference in the microcontroller program. The results of this test found that the EC and pH values are directly proportional to the temperature, as the temperature rises, the EC and pH values will increase and the resulting voltage will also increase.

Keywords: Hydroponics, EC sensor, pH sensor, Temperature

KATA PENGANTAR

Puji syukur terhadap kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas nikmat dan karunia-Nya Penulis dapat Menyusun Laporan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Alat *Monitoring Electrical Conductivity* (EC) dan Nilai *Power of Hydrogen* (PH) pada Instalasi Hidroponik”.

Laporan ini dibuat dalam rangka untuk memenuhi Syarat Tugas Akhir Jenjang Pendidikan Diploma Tiga di Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia Tahun Akademik 2022. Penulis menyadari bahwa Laporan ini tidak mungkin berjalan lancar tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak yang terkait. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Dr. Muharfiza,S.TP.,M.Si selaku Direktur Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia
2. Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru,M.Eng selaku Ketua Program Studi Tata Air Pertanian
3. Dr. Andy Saryoko,SP.,MP selaku Pembimbing I
4. Arief Wicaksono,S.Si.,M.Si selaku Pembimbing II
5. Semua pihak yang tidak dapat Saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan laporan

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini berguna bagi para pembaca dan pihak – pihak lain yang berkepentingan.

Serpong, 16 Agustus 2022

Sofwa Marwah

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Tugas Akhir	2
1.5. Manfaat Tugas Akhir	2
BAB II LANDASAN TEORI	3
2.1. Sistem Hidroponik	3
2.2. <i>Mikrokontroller</i> ESP32	3
2.3. Sensor pH	4
2.4. Sensor EC	5
2.5. Power Supply	6
2.6. Aplikasi Arduino IDE	6
2.7. LCD 20x4	7
BAB III METODE PENELITIAN	8
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	8
3.2. Alat dan Bahan Tugas Akhir	8
3.3. Prosedur Tugas Akhir	8
3.3.1. Tahap Persiapan	10
3.3.2. Tahap Perancangan	10
3.3.3. Tahap Pembuatan	12
3.3.4. Kalibrasi dan Pengujian	12

3.3.5. Analisis Data	13
3.4. Metode Analisis Data	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1. Hasil Rancangan	14
4.1.1. Rancangan Hardware	14
4.1.2. Spesifikasi Komponen	15
4.1.3. Rancangan Software	18
4.2. Hasil Pengujian	18
4.2.1. Hasil Pengujian EC Sensor	19
4.2.2. Hasil Pengujian pH Sensor	23
4.2.3. Hasil Pengujian Keakuratan Data	26
4.2.4. Konversi EC ke TDS	29
BAB V PENUTUP	31
5.1. Kesimpulan	31
5.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Mikrokontroller</i> ESP32	4
Gambar 2.2. Sensor pH	5
Gambar 2.3. Sensor EC	5
Gambar 2.4. Tampilan teks editor Arduino IDE	7
Gambar 2.5. Tampilan data di Ubidots	7
Gambar 3.1. Diagram alir prosedur Tugas Akhir	9
Gambar 3.2. Skema perancangan hardware	10
Gambar 4.1. Rancangan hardware	14
Gambar 4.2. Sensor EC	15
Gambar 4.3. Sensor pH	16
Gambar 4.4. Larutan Kalibrasi	18
Gambar 4.5. Pengujian EC Sensor	29
Gambar 4.6. Grafik hasil Pengujian EC Sensor	21
Gambar 4.7. Program EC Sensor	23
Gambar 4.8. Grafik hasil Pengujian pH Sensor	24
Gambar 4.9. Program pH Sensor	25
Gambar 4.10. Hasil pengujian keakuratan data	29

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Gain ADS1115	17
Tabel 4.2. Hasil pengujian EC Sensor	20
Tabel 4.3. Persamaan EC Sensor	22
Tabel 4.4. Hasil pengujian EC Sensor	24
Tabel 4.5. Persamaan pH Sensor	25
Tabel 4.6. Korelasi EC dan TDS pada berbagai jenis Air	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data primer hasil pengujian EC sensor larutan 12.88 ms/cm	33
Lampiran 2. Data primer hasil pengujian EC sensor larutan 5 ms/cm	34
Lampiran 3. Data primer hasil pengujian EC sensor larutan 1.413 ms/cm	35
Lampiran 4. Data primer hasil pengujian pH sensor larutan 4.01 pH	36
Lampiran 5. Data primer hasil pengujian pH sensor larutan 6.86 pH	37
Lampiran 6. Data primer hasil pengujian pH sensor larutan 7.00 pH	38
Lampiran 7. Data primer hasil pengujian pH sensor larutan 10.01 pH	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya jaman maka perkembangan teknologi juga terus berkembang dalam segala bidang, salah satu bidang yang mulai tersentuh teknologi adalah bidang pertanian. Negara Indonesia merupakan negara agraris yang itu artinya sebagian besar masyarakat Indonesia berprofesi sebagai petani. Namun, seiring dengan perkembangan jaman jumlah penduduk di Dunia termasuk Indonesia semakin bertambah, hal ini mengakibatkan lahan kosong di Indonesia menjadi menyempit dan lahan pertanian berubah menjadi pemukiman.

Sebagaimana disebutkan diatas, lahan pertanian yang menyempit mengakibatkan banyak petani dan masyarakat yang berpindah cara bercocok tanam dari cara konvensional menjadi budidaya dengan teknologi tanpa media tanam salah satunya sistem hidroponik.

Budidaya sistem hidroponik merupakan salah satu teknologi budidaya yang kini kerap digandrungi oleh khalayak umum karena proses budidayanya yang tidak banyak memakan tempat dan praktis tentunya. Sistem hidroponik adalah sistem budidaya tanaman yang memanfaatkan air sebagai media tumbuh tanaman dengan selalu memperhatikan nutrisi yang diberikan pada air tersebut, maka tanaman bisa tumbuh dengan baik.

Dalam proses budidaya tanaman menggunakan sistem hidroponik harus selalu dilakukan pengecekan kadar nutrisi pada media air, pengecekan ini harus dilakukan minimal 1 kali sehari menggunakan TDS Meter. Ini merupakan salah satu kendala yang dialami petani karena tidak sempat mengecek kadar nutrisi tanaman, maka ada kalanya tanaman mati karena kekurangan nutrisi. Dalam tugas akhir ini saya ingin membuat sebuah alat untuk *monitoring* kadar nutrisi EC dan kadar pH Air pada sistem budidaya hidroponik berbasis IoT yang bisa dimonitoring melalui LCD. Alat ini tentunya akan memudahkan petani dalam proses budidaya hidroponik.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan dihadapi dalam pengerjaan tugas akhir ini diantaranya adalah :

1. Bagaimana merancang dan membangun alat *monitoring* EC dan pH pada sistem hidroponik
2. Bagaimana menguji keakuratan data yang dikirimkan oleh sensor ke *users*.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroller yang digunakan adalah ESP32
2. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 20x4
3. Instalasi pertanian yang digunakan adalah sistem hidropnik dengan satu sumber air yang sama
4. Satuan nilai EC yang digunakan adalah ms/cm

1.4. Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun alat *monitoring* nilai EC dan pH pada instalasi hidroponik
2. Menguji keakuratan data yang dikirimkan sensor ke *users*.

1.5. Manfaat Tugas Akhir

Tugas Akhir ini diharapkan dapat membantu para petani yang menggunakan sistem hidroponik dalam proses budidaya pertanian dalam memonitoring nilai EC dan pH pada larutan nutrisi hidroponik.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Hidroponik

2.1.1. Definisi Hidroponik

Hidroponik secara Bahasa berasal dari dua kata yaitu *Hydro* yang artinya air dan *phonic* yang artinya pengerjaan. Secara umum sistem hidroponik yaitu sistem budidaya pertanian yang tidak menggunakan tanah namun menggunakan air yang sudah dicampur larutan nutrisi (Roidah 2014). Budidaya hidroponik biasanya dilakukan di dalam *greenhouse* hal ini bertujuan untuk menjaga lingkungan tumbuh tanaman secara optimal dan benar – benar terlindungi dari pengaruh lingkungan luar seperti hujan, hama penyakit, iklim dan lain sebagainya. Budidaya menggunakan sistem hidroponik ini memiliki beberapa keunggulan yang menguntungkan petani yaitu: menghemat penggunaan lahan, mutu produk dapat dijamin karena pertumbuhan tanaman dapat dikendalikan, proses budidaya tidak tergantung pada musim dan waktu sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan pasar.

2.2.2. Nutrisi

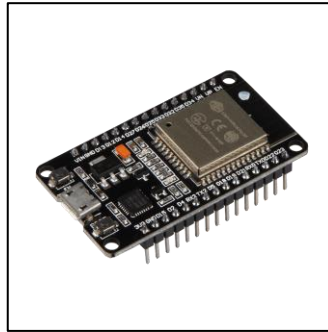
Pada sistem hidroponik pemberdayaan air yang digunakan yaitu memberdayakan air dalam bentuk aliran yang mengalir oleh karena itu air pada sistem hidroponik berisi larutan nutrisi (hara) yang dialirkan pada akar tanaman. Nutrisi yang digunakan berupa nutrisi AB Mix yang dicampurkan Bersama air yang dialirkan, dosis nutrisi yang diberikan disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi tanaman sesuai jenis tanamannya. Selain kebutuhan nutrisi, pada tanaman hidroponik apabila EC dan pH tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman maka tanaman akan kehilangan kemampuan untuk menyerap unsur hara sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Pada umumnya rentang pH ideal untuk tanaman hidroponik berkisar antara 5,5 – 6,5 dan mencapai pH optimal ketika pH bernilai 6,0 (Ulfa 2013).

2.2. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System*, ESP32 merupakan inovasi lanjutan dari ESP8266. Pada ESP32 sudah terdapat modul WiFi dalam *chip* yang sangat mendukung

untuk pembuatan sistem *Internet of Things* (IoT) (Muliadi, Imran and Rasul 2020)

Terdapat perbedaan mikrokontroler ESP32 dengan mikrokontroler lain, diantaranya yaitu: *pin out* yang lebih banyak, *pin* analog lebih banyak, kapasitas penyimpanan data yang lebih besar, terdapat *bluetooth* 4.0 *low energy* serta sudah terdapat WiFi dalam mikrokontroler ESP32 ini.



Gambar 2.1. Mikrokontroler ESP32
Sumber: [Link pict ESP32](#)

2.3. Sensor pH

Power of hydrogen (pH) merupakan suatu nilai derajat keasamaan yang digunakan untuk mengukur dan menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. (Taufanapri 2018)

pH sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman yang ditanam dengan sistem hidroponik nilai pH diukur pada larutan nutrisi tanaman, apabila nilai pH terlalu tinggi maka dapat mengakibatkan pengendapan unsur hara mikro, misalnya unsur Klorin (Cl) mengalami pengendapan sehingga tidak terserap optimal maka menyebabkan pertumbuhan akar tanaman kurang optimal (Taufanapri 2018)

Ketika pH terlalu rendah, daya larut pada unsur hara akan menurun yang mengakibatkan daya serap tanaman terhadap unsur hara akan berkurang. Oleh karena itu, kesesuaian pH larutan nutrisi pada sistem hidroponik ini akan sangat berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara tanaman karena tergantung pada konsentrasi larutan nutrisi.



Gambar 2.2. Sensor pH
Sumber: google picture

2.4. Sensor EC

Electro Conductivity (EC) merupakan nilai yang menunjukkan jumlah garam yang terlarut dalam larutan nutrisi sistem hidroponik. Untuk mengukur EC dapat menggunakan alat EC Meter. Nilai EC yang sesuai berbeda pada setiap fase pertumbuhan tanamannya. (Taufanapri 2018). EC pada setiap tanaman berbeda- beda sesuai dengan jenis tanaman dan fase tumbuh tanamannya, untuk hasil yang optimal harus dipastikan larutan nutrisi yang digunakan memiliki komposisi yang seimbang antar unsur hara.

Nilai EC sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, untuk mengetahui cocok atau tidaknya larutan nutrisi untuk tanaman, karena kualitas larutan nutrisi akan sangat menentukan pada keberhasilan produksi tanamannya. Nilai EC yang tinggi dapat mengakibatkan tanaman tidak dapat menyerap unsur hara, hal ini disebabkan karena konsentrasi garam yang tinggi sehingga merusak akar tanaman dan mengganggu serapan air nutrisi, namun kondisi tersebut tergantung pada jenis tanamannya. Pada beberapa kasus, apabila nilai EC semakin besar maka penyerapan unsur haranya akan semakin cepat, begitupun sebaliknya apabila nilai EC nya semakin rendah maka penyerapan unsur haranya semakin lambat.



Gambar 2.3. Sensor EC
Sumbe: google picture

2.5. Power Supply

Power supply merupakan komponen yang berfungsi untuk memberi tegangan serta arus listrik pada komponen – komponen rangkaian lainnya yang telah terpasang dengan baik pada *motherboard* atau papan induk. Tujuan awal dipasangnya *power supply* ini adalah sebagai penyalur listrik supaya rangkaian dapat berfungsi sebagaimana tugasnya.

Arus listrik yang dihantarkan merupakan arus listrik jenis AC atau arus bolak balik. Kelebihan dari *power supply* ini adalah dapat mengubah arus AC menjadi arus DC karena pada dasarnya semua komponen yang terpasang pada rangkaian hanya bisa melakukan pergerakan pada satu aliran listrik.

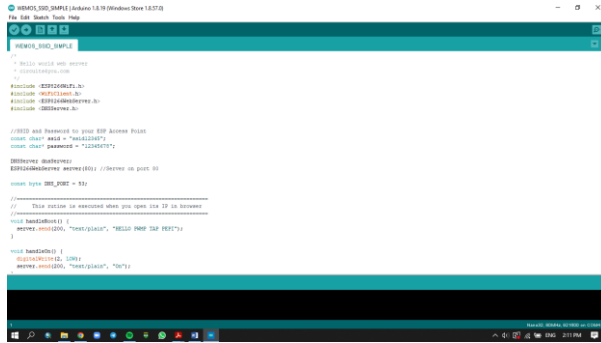
2.6. Aplikasi Arduino IDE

IDE atau *Integrated Development Environment* merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. IDE disebut sebagai lingkungan karena dengan *software* ini Arduino diberikan pemrograman untuk melakukan fungsi – fungsi yang dimasukan melalui sintaks pemrograman (Akfi 2020).

Arduino IDE dibuat dengan Bahasa pemrograman JAVA dan juga sudah dilengkapi dengan library C/C++ atau yang biasa disebut *wiring* yang membuat operasi *input* dan *output* menjadi lebih mudah. Program yang ditulis dengan Arduino IDE disebut *sketch* yang ditulis pada suatu editor teks dan disimpan dengan format file *.ino*. pada Arduino IDE terdapat beberapa fitur teks editor, misalnya *cutting/paste*, *searching*, dan *replacing*, hal ini tentunya memudahkan pengguna ketika memprogram. Selain itu, pada Arduino IDE juga terdapat *massage box* berwarna hitam yang menampilkan status program, misalnya ketika program mengalami *error*, proses *compile*, dan *upload* program. Pada tampilan bagian kanan bawah Arduino IDE terdapat *board* yang terkonfigurasi berserta *COM Ports* yang digunakan.

Secara umum, struktur pada program Arduino IDE terdapat 2 (dua) bagian yaitu *setup* dan *loop*. *Setup* adalah bagian untuk menempatkan kode

– kode inisialisasi sistem sebelum masuk ke dalam bagian *loop (body)*. Dilihat dari prinsip kerjanya dan fungsinya, *setup* merupakan bagian yang hanya sekali yaitu saat program dimulai. Sedangkan bagian *loop* merupakan inti dari program tersebut.



Gambar 2.4. Tampilan editor Arduino IDE
Sumber: dokumen pribadi

2.7. LCD 20x4

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan suatu media tampil yang memanfaatkan kristal cair sebagai penampil utama. LCD ini sudah banyak digunakan pada berbagai bidang misalnya alat elektronik yang berfungsi untuk menampilkan karakter berupa gambar, huruf maupun angka (Akfi 2020). Pada Tugas akhir ini, penyusun menggunakan LCD dot matrik dengan jumlah karakter 20x4. LCD ini sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan nilai EC dan nilai pH yang dideteksi oleh sensor pH dan sensor EC. LCD ini nantinya bisa menampilkan 20 karakter pada setiap barisnya dengan jumlah baris terdiri dari 4 baris.

Prinsip kerja LCD ini adalah menggunakan lapisan film yang berisi kristal cair yang diletakan diantara 2 (dua) lempeng kaca yang sudah dipasang elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada elektroda, molekul kristal cair akan menyusun agar cahaya yang mengenainya akan diserap. Cahaya yang diserap ini akan membentuk lurus, angka atau gambar sesuai dengan program yang sebelumnya sudah diatur.



Gambar2.5. Tampilan data di Ubidots
Sumber : dokumen pribadi

BAB III

METODE PENELITIAN

3. 1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Rancang bangun alat *monitoring* EC dan pH sistem hidroponik akan dilaksanakan di *greenhouse* Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia (PEPI), selama kurun waktu kurang lebih 1 (satu) bulan.

3. 2. Alat dan bahan Tugas Akhir

3.2.1. Alat Tugas Akhir

Sebagai penunjang dalam pembuatan alat *monitoring* EC dan pH sistem hidroponik, digunakan beberapa alat untuk menunjangnya yaitu; solder, laptop, *smartphone*, penyangga, gelas ukur dan saklar listrik,

3.2.2. Bahan Tugas Akhir

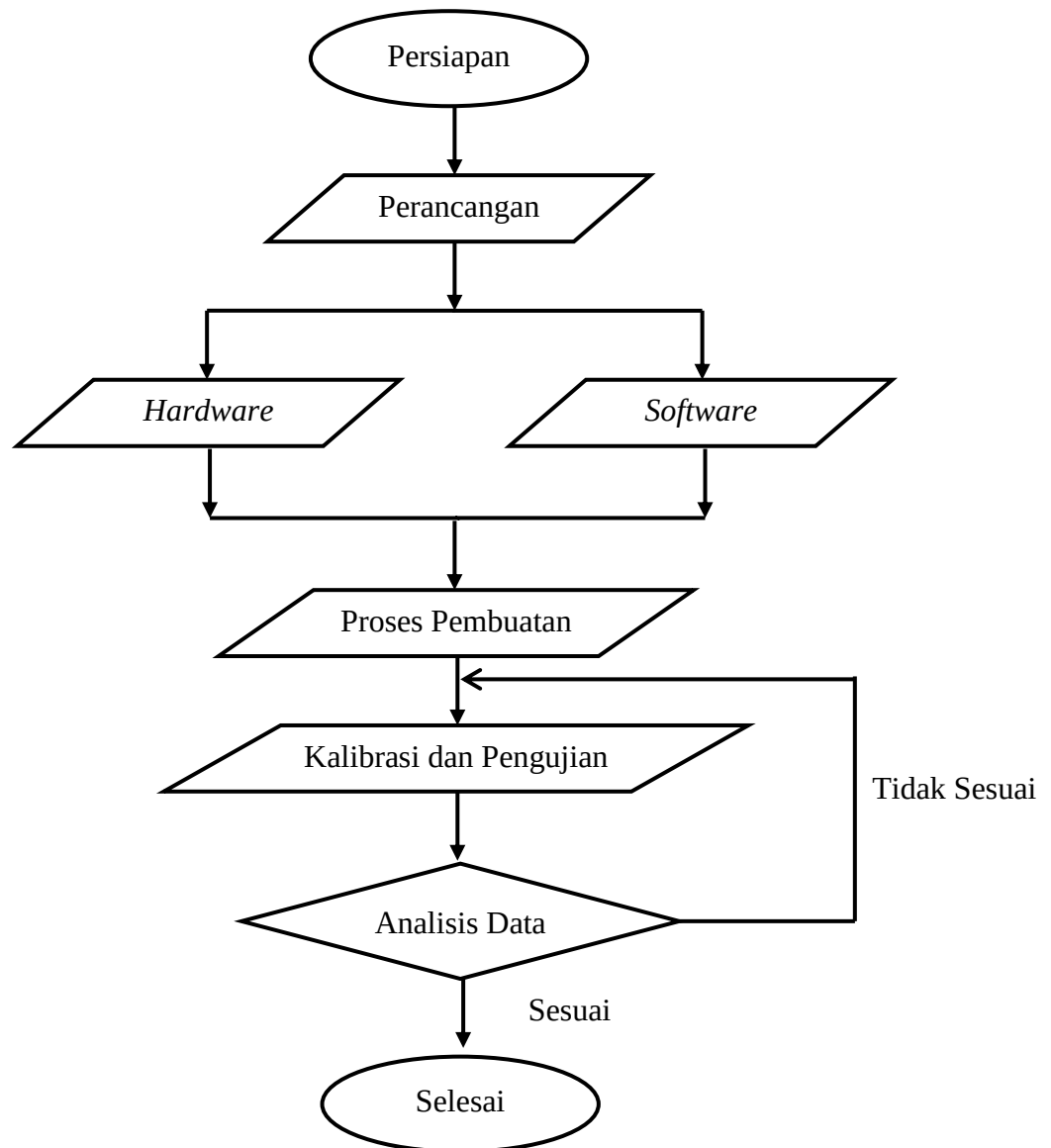
Bahan yang digunakan dalam pembuatan alat *monitoring* EC dan pH sistem hidroponik adalah sebagai berikut:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. ESP32 | 10. Dioda |
| 2. Sensor EC | 11. Box |
| 3. Sensor pH | 12. Konverter |
| 4. PCB | 13. Larutan <i>aquadest</i> |
| 5. Kabel jumper | |
| 6. Kabel USB | |
| 7. LCD 20x4 | |
| 8. Larutan kalibrasi EC | |
| 9. Larutan kalibrasi pH | |

3. 3. Prosedur Tugas Akhir

Pada tugas akhir pembuatan alat *monitoring* EC dan pH sistem aeropnik ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu tahapan persiapan, tahapan perancangan, tahapan pembuatan, tahapan kalibrasi, tahapan pengujian dan tahapan analisis data hasil pengujian. Pada analisis data, jika data hasil pengujian tidak sesuai maka akan dilakukan kalibrasi dan

pengujian ulang hingga alat siap pakai. Berikut adalah diagram alur prosedur tugas akhir:



Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Tugas Akhir

Pada penyusunan tugas akhir ini dilakukan pencarian informasi dengan studi pustaka pada beberapa literatur dan jurnal ilmiah yang berhubungan dengan proses pembuatan alat *monitoring* EC dan pH serta mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk menunjang proses pembuatan alat. Selain alat dan bahan, perlu dipersiapkan juga kesiapan aplikasi Arduino IDE untuk membuat program yang akan

digunakan pada sistem alat tersebut sehingga alat bisa berfungsi sesuai dengan mestinya.

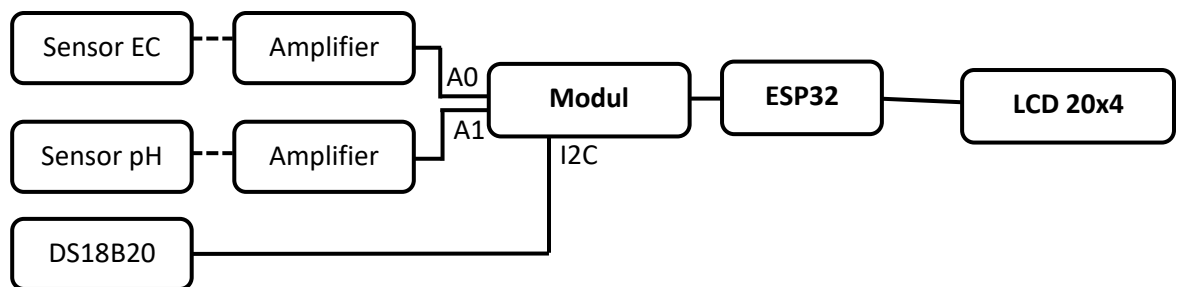
3.3.1. Tahap persiapan

Pada tahap persiapan ini dilakukan penyusunan proposal Tugas Akhir dan menentukan perencanaan kegiatan yang akan dilakukan untuk menunjang kegiatan tugas akhir. Pada tahap persiapan ini juga dilakukan pengecekan kesiapan aplikasi yang akan digunakan untuk membuat program pada *software* dan memastikan semua komponen yang akan digunakan sudah siap.

3.3.2. Tahap perancangan

A. Hardware

Dalam perancangan *hardware* diperlukan beberapa rangkaian untuk pengkondisian sinyal sebagai penguat pengiriman data dari modul ke LCD. Berikut adalah skema perancangan *hardware* pada tugas akhir ini:



Gambar 3.2. Skema perancangan hardware

1. Sensor

Sensor yang digunakan adalah sensor EC dan sensor pH. Sensor akan diletakan di air irigasi dan vertigasi pada bak air yang sudah disediakan sebagai media tanaman pada instalasi hidroponik di *greenhouse* Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia (PEPI). Sensor ini berperan sebagai input pada sistem

sebagai komponen yang mendeteksi nilai EC dan nilai pH larutan nutrisi untuk tanaman yang akan ditanam.

1. DS18B20

DS18B20 merupakan salah satu sensor temperatur yang berfungsi untuk mengukur suhu ruangan di sekitar alat yang saya buat. Pengukuran suhu dengan menggunakan sensor suhu ini cukup akurat karena dapat mengukur suhu dengan cepat dan tepat.

2. Amplifier

Amplifier merupakan sebuah komponen elektronika yang digunakan untuk menguatkan daya. Dalam rangkaian ini, amplifier digunakan untuk memperkuat sinyal arus listrik dan tegangan listrik dari input atau sensor (Fundhi, et al. 2015) Amplifier digunakan supaya data yang dikirimkan dari sensor ke modul dapat tersampaikan dengan baik.

3. Modul

Modul yang digunakan merupakan modul WiFi yang membantu ESP32 untuk menyampaikan data yang dikirimkan oleh sensor ke *mikrokontroller* ESP32. Modul ini membuat koneksi *transmission control protocol / Internet Protocol* (ITP/IP) (Kabul and Yudhiakto 2017)

4. Mikrokontroller ESP32

Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai penyampai dan penyimpan data yang dibaca oleh sensor. ESP32 ini memiliki seri *chip* berdaya rendah dengan WiFi, selain itu memiliki *bluetooth* dua mode (Aditya, et al. 2022)

B. Software

Software yang digunakan pada pembuatan alat ini adalah Arduino IDE. Data akan dikirimkan dari sensor ke *mikrokontroller* ESP32 yang selanjutnya data akan dikirim ke aplikasi *cloud storage* Ubidots. Untuk perancangan *software* menggunakan Arduino IDE supaya program pada alat bisa berjalan sesuai dengan fungsinya. ESP32 harus terhubung dengan rangkaian drivern supaya bisa melakukan inisialisasi terlebih dahulu. Inisialisasi ini dibutuhkan supaya ESP32 dapat membaca data dari rangkaian driver.

3.3.3. Tahap pembuatan

Proses pembuatan alat dilakukan setelah tahapan perancangan *hardware* dan *software*. Pembuatan alat dilakukan sesuai dengan perancangan yang telah dirancang sebelumnya. Sebelum dilakukan pembuatan sistem pada *software* maka akan dilakukan dibuat *hardware* nya terlebih dahulu sesuai dengan skema perancangan *hardware*. Jika pembuatan *hardware*-nya sudah sesuai maka program di-input ke *hardware* tersebut, sehingga alat sudah siap untuk diuji.

3.3.4. Kalibrasi dan Pengujian

Setelah tahap pembuatan alat selesai, maka alat dilakukan kalibrasi dan pengujian keakuratan alat. Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja dari semua komponen *hardware* dan *software* berfungsi dengan baik dan sesuai dengan rancangan. Kalibrasi alat dilakukan untuk mengetahui dan menyesuaikan *output* dari hasil rancangan alat. Kalibrasi alat dilakukan dengan bantuan larutan kalibrator EC dan pH. Larutan kalibrator EC terdiri dari 3 larutan dengan nilai EC yang berbeda, dan 4 larutan dengan nilai nilai pH yangn berbeda, apabila data hasil kalibrasi tidak sesuai

dengan rancangan maka akan dilakukan pengkajian dan pengujian ulang terhadap alat yang sedang dibuat.

Data yang diambil berupa data hubungan antara tegangan dengan EC dan hubungan antara tegangan dengan pH pada temperatur yang berbeda. Data hasil pengujian ini akan dilihat linearitasnya dengan menggunakan metode *leastsquare* pada temperatur yang berbeda. Hasil akhir dari pengujian berupa persamaan yang akan di-*input* ke dalam mikrokontroller dan data hasil perhitungan akan ditampilkan pada LCD.

3.3.5. Analisis Data

Tahapan analisis data dilakukan setelah data hasil kalibrasi dan pengujian dilakukan, data yang dianalisis berupa data hasil kalibrasi alat yaitu kesesuaian nilai EC dan pH yang diukur oleh alat dengan kesesuaian nilai EC dan pH yang ditampilkan pada layar LCD 20x4.

3. 4. Metode Analisis Data

Metode analisis data yang saya gunakan adalah analisis kuantitatif. Data yang dianalisis didapatkan dari hasil kalibrasi dan pengujian alat di lapangan pada beberapa titik. Data yang didapatkan berupa data hubungan antara tegangan dengan EC dan hubungan antara tegangan dengan pH. Dari data yang didapatkan, data tersebut akan dilihat linearitasnya menggunakan metode *leastsquare* pada temperatur yang berbeda dan akan diambil persamaannya dari setiap temperatur untuk di-*input* ke dalam mikrokontroller.

BAB IV

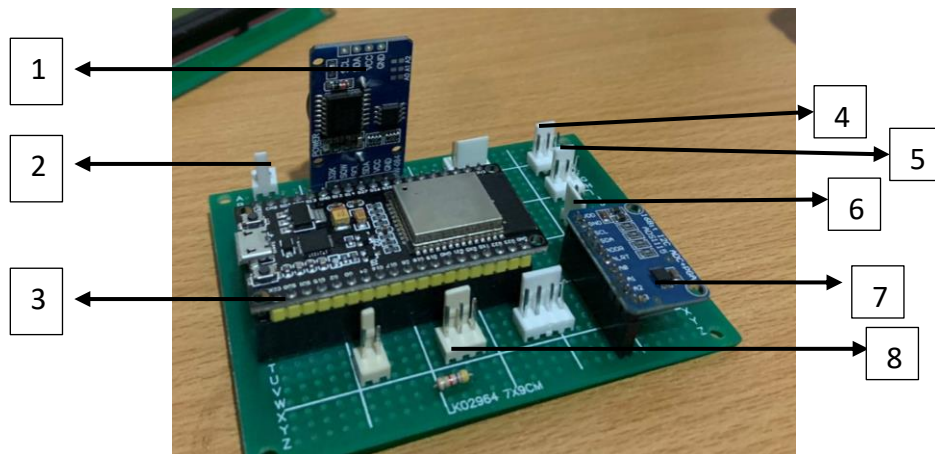
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan

Dalam proses perancangan dan pembuatan alat ini, terdapat dua (2) proses rancangan yang saya lakukan yaitu proses rancangan *hardware* dan proses rancangan *software*.

4.1.1. Rancangan Hardware

Perancangan *hardware* berupa penentuan pin untuk setiap sensor dan catu daya yang digunakan pada alat ini. Berikut adalah rancangan *hardware* pada alat:



Gambar 4.1. Rancangan hardware

Keterangan:

No.	Keterangan	Posisi Pin
1.	DS3231	
2.	Catu Daya	G15 ; Gnd
3.	ESP32	
4.	EC Sensor	A1 ; 5v ; Gnd
5.	pH Sensor	A0 ; 5v ; Gnd
6.	LCD 20x4	Scl ; sda ; 3.3.v ; Gnd
7.	ADC ADS1115	
8.	Temp. DS18B20	D ; 3.3v ; Gnd

4.1.2. Spesifikasi Komponen

1. Sensor EC

Sensor EC yang digunakan merupakan sensor EC $K = 0.98$ yang diproduksi oleh DFRobot. Sensor EC ini digunakan untuk mengukur konduktivitas listrik pada suatu larutan. Sensor EC ini tentu memiliki spesifikasi tertentu sehingga layak untuk digunakan sebagai alat pengukuran. Berikut adalah spesifikasi Sensor EC $K=0.98$:



*Gambar 4.2. Sensor EC
Sumber: dokumen pribadi*

Spesifikasi Sensor EC:

- Signal Conversion Board (Transmitter) V2
 - Tegangan masuk : 3.0 – 5.0 V
 - Tegangan keluar : 0 – 3.4 V
 - Koneksi Probe : BNC
 - Konektor Sinyal : pH 2.0 – 3Pin
 - Akurasi Pengukuran : $\pm 5\%$ F.S
 - Ukuran board : 42mm*32mm
- Electrical Conductivity Probe
 - Tipe Probe : Laboratory Grade
 - Konstanta sel : 1.0
 - Support Detection Range : 0 – 20 ms/cm
 - Recommended Detection Range : 1 -15ms/cm
 - Rentang suhu : 0 – 40°C
 - Umur Probe : 5 tahun
 - Panjang kabel : 1 m

2. Sensor pH

Sensor pH yang digunakan merupakan Sensor pH H-101 yang diproduksi oleh DFRobot. Sensor pH ini tentu memiliki spesifikasi tertentu sehingga layak untuk digunakan sebagai alat pengukuran. Berikut adalah spesifikasi Sensor pH H-101 :



*Gambar 4.3. Sensor pH
Sumber: Dokumen Pribadi*

Spesifikasi Sensor pH H-101 :

- Panjang : 17.7 cm
- Diameter : 2.74 cm
- Panjang kabel : 5 m
- Konektor : BNC
- Rentang Pengukuran : 0 – 14 pH
- Presisi Pengukuran : ≤ 0.02 Ph
- Waktu respon : 10 detik
- *Drift* : ≤ 0.02 pH / 24 Jam
- Resistensi membrane sensitif : $\leq 200 \times 10^6 \Omega$
- *Slope* : $\geq 95\%$
- Titik Ekipotensial elektroda: 7 ± 0.5 pH

3. Sensor Temperatur DS18B20

DS18B20 merupakan sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC. Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 – 12 bit dari suhu -55°C hingga 125°C dengan ketelitian $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. sensor temperatur DS18B20 ini memiliki beberapa spesifikasi sebagai berikut:

- Hanya menggunakan satu kabel sebagai komunikasi (OneWire)
- Rentang daya yang bisa diterima 3.0 – 5.5 V
- Bisa mengukur suhu mulai dari -55°C hingga 125°C
- Memiliki akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10°C hingga 85°C

4. ADC ADS1115

ADS1115 merupakan modul ADC yang memiliki keakuratan sebesar 16 bit dalam 860 sampel per detik. ADC ini menggunakan protocol I2C untuk mentransfer data dan dapat bekerja pada mode *single-ended* atau *differential channels*. Modul ini dapat diatur gainnya supaya lebih akurat berdasarkan tegangan input dari ADC. Berikut adalah spesifikasi tegangan pada ADC ADS1115

Tabel 4.1. Gain ADS1115

Gain	Volt Reference
GAIN_TWOTHIRDS	$\pm 6.144\text{ V}$
GAIN_ONE	$\pm 4.094\text{ V}$
GAIN_TWO	$\pm 2.048\text{ V}$
GAIN_FOUR	$\pm 1.024\text{ V}$
GAIN_EIGHT	$\pm 0.512\text{ V}$
GAIN_SIXTEEN	$\pm 0.256\text{ V}$

5. Larutan Kalibrasi

Larutan kalibrator merupakan larutan yang sudah ditetapkan nilainya untuk membantu pengecekan serta pengaturan akurasi pada suatu alat ukur dengan standar nasional dan/atau standar internasional.

Larutan kalibrasi ini digunakan untuk mengecek keakuratan suatu alat pengukur. Jika hasil pengukuran menunjukkan penyimpangan atau tidak konsisten maka alat pengukur tersebut tidak layak untuk digunakan. Dalam penelitian ini saya menggunakan larutan kalibrasi EC dan pH untuk mengecek apakah sensor EC dan pH yang saya gunakan sudah akurat dan layak pakai. Ada beberapa nilai larutan kalibrasi yang saya gunakan yaitu:

- Larutan Kalibrasi EC : 1.413 ms/cm; 5.00 ms/cm; 12.88ms/cm
- Larutan Kalibrasi pH : 4.01 ; 6.86 ; 7.00 ; 10.01



Gambar 4.4. Larutan Kalibrasi

4.1.3. Rancangan Software

1. Pemrograman menggunakan Arduino IDE

Pada proses perancangan alat *monitoring* EC dan pH terdapat program yang digunakan supaya alat tersebut dapat bekerja secara otomatis. Program yang diinput sebelumnya dibuat menggunakan *software* Arduino IDE yang selanjutnya diinput ke dalam *mikrokontroller* ESP32.

4.2. Hasil Pengujian

Alat telah selesai dirancang dan dirangkai, selanjutnya adalah pengujian alat tersebut. Pengujian ini ada beberapa tahap yang harus dilakukan yaitu pengujian EC Sensor terhadap suhu, pengujian pH sensor terhadap suhu

lalu kita menguji keakuratan data yang ditampilkan di LCD 20x4. Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan:

4.2.1. Hasil Pengujian EC Sensor

EC sensor perlu dilakukan kalibrasi dan pengujian sebelum digunakan. EC sensor sesuai dengan setelan pabrik sudah disetting untuk mengukur larutan EC pada suhu 25°C. Secara teori, nilai EC akan naik apabila terjadi kenaikan suhu, itu artinya nilai EC dan suhu berbanding lurus. Pada penelitian ini saya melakukan pengujian EC sensor menggunakan tiga (3) larutan kalibrasi sebesar 1.413 ms/cm; 5.00 ms/cm dan 12.88 ms/cm. EC sensor ini akan diuji perubahan nilai EC terhadap perubahan suhu yang terjadi. Pengujian dilakukan pada suhu kelipatan 2 di rentang suhu 20°C – 40°C, apabila EC Sensor yang saya gunakan akurat dan layak digunakan maka nilai EC nya akan naik seiring dengan kenaikan suhu.

Metode pengujian yang saya gunakan adalah dengan memasukan larutan kalibrasi ke dalam gelas kecil, yang selanjutnya gelas tersebut akan dimasukan ke dalam mangkuk berisi air hangat bersuhu 40°C dan dibiarkan di dalam mangkuk tersebut sampai suhunya turun sebesar 20°C. alat ukur suhu yang saya gunakan dalam pengujian ini menggunakan thermometer alcohol yang dimana pengukuran suhu dilakukan secara manual. Berikut ada kegiatan pengujian EC Sensor terhadap suhu:



Gambar 4.5. Pengujian EC Sensor

Sumber: dokumen pribadi

Pengujian EC sensor ini menggunakan pemrograman kalibrasi EC sensor yang sudah disediakan oleh DFRobot, berikut adalah pemrograman yang digunakan untuk mendapatkan data hasil pengujian :

```
#include "DFRobot_EC.h"
#include <EEPROM.h>

#define EC_PIN A0
float voltage,ecValue,temperature = 25;
DFRobot_EC ec;

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    ec.begin();
}

void loop()
{
    static unsigned long timepoint = millis();
    if(millis()-timepoint>10000) //time interval: 1s
    {
        timepoint = millis();
        voltage = analogRead(EC_PIN)/1024.0*5000; // read voltage
        //temperature = readTemperature(); // read temperature
        ecValue = ec.readEC(voltage,temperature); // calculate EC value
        Serial.print("Voltage= ");
        Serial.print(voltage);
        Serial.print(" temperature:");
        Serial.print(temperature,1);
        Serial.print("^C EC:");
        Serial.print(ecValue,2);
        Serial.println("ms/cm");
    }
    ec.calibration(voltage,temperature); // calibration

float readTemperature()
{
    //add your code here to get the temperature from your t
}
```

Dari hasil pengujian tersebut, didapatkan data berupa nilai tegangan dan nilai EC pada setiap masing – masing larutan kalibrasi sesuai dengan suhu yang digunakan. Semakin tinggi suhunya maka semakin besar nilai EC nya dan semakin besar tegangannya. Berikut adalah data hasil pengujian yang telah dilakukan:

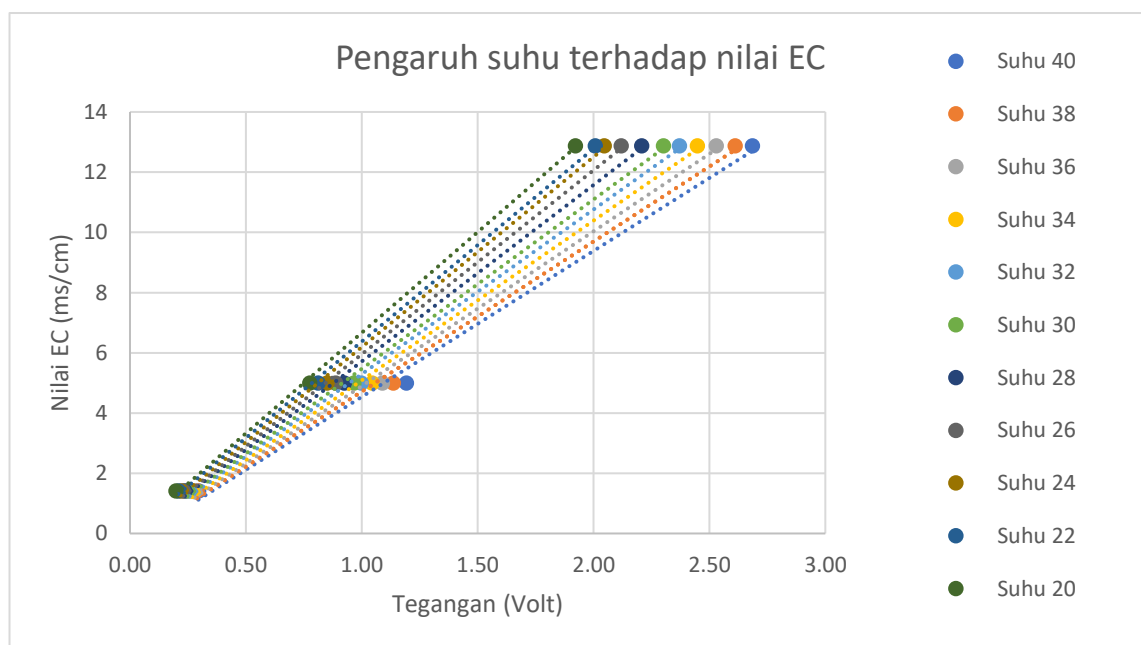
Tabel. 4.2. Hasil pengujian EC Sensor

Suhu	EC (ms/cm)			Tegangan (volt)		
	12.88	5	1.413	12.88	5	1.413
40°C	16.38	7.26	1.84	2.69	1.19	0.30
38°C	15.92	6.93	1.77	2.61	1.13	0.29

Suhu	EC (ms/cm)			Tegangan (volt)		
	12.88	5	1.413	12.88	5	1.413
36°C	15.42	6.64	1.70	2.53	1.09	0.28
34°C	14.93	6.37	1.64	2.45	1.04	0.27
32°C	14.46	6.08	1.57	2.37	1.00	0.26
30°C	14.03	5.89	1.52	2.30	0.96	0.25
28°C	13.49	5.58	1.46	2.21	0.92	0.24
26°C	12.92	5.41	1.40	2.12	0.89	0.23
24°C	12.48	5.18	1.33	2.05	0.85	0.22
22°C	12.24	4.95	1.27	2.01	0.81	0.21
20°C	11.72	4.73	1.21	1.92	0.78	0.20

Dari data yang diperoleh setelah dilakukan pengujian pengaruh suhu terhadap EC sensor, dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu maka nilai EC dan tegangannya akan semakin tinggi pula.

Langkah selanjutnya setelah diperoleh data tersebut maka data akan diolah menjadi bentuk grafik untuk mendapatkan persamaan pada setiap suhunya. Data grafik ini diolah menggunakan Microsoft excel 2016. Berikut adalah data grafik dan persamaan yang didapatkan pada setiap suhunya:



Gambar 4.6. grafik hasil pengujian EC Sensor

Sumber: dokumen pribadi

Grafik tersebut menunjukkan adanya kenaikan pada nilai EC dan nilai tegangan seiring dengan kenaikan suhu, dari grafik tersebut didapatkan persamaan dimana persamaan ini akan digunakan dalam pemrograman pada mikrokontroller. Berikut adalah persamaan yang didapatkan pada suhu yang diuji:

Tabel 4.3. Persamaan EC Sensor

Suhu	Persamaan	R ²	Zone
40°C	$y = 4.8464x - 0.3079$	0.9952	11
38°C	$y = 4.9839x - 0.2713$	0.9967	10
36°C	$y = 5.1398x - 0.243$	0.9973	9
34°C	$y = 5.3032x - 0.2157$	0.9977	8
32°C	$y = 5.4655x - 0.1713$	0.9983	7
30°C	$y = 5.6255x - 0.1575$	0.9984	6
28°C	$y = 5.8622x - 0.1496$	0.9984	5
26°C	$y = 6.111x - 0.1577$	0.9984	4
24°C	$y = 6.3135x - 0.1219$	0.9987	3
22°C	$y = 6.4053x - 0.0309$	0.9994	2
20°C	$y = 6.6831x - 0.0154$	0.9994	1

Keterangan:

X = nilai voltage

y = nilai EC

Persamaan – persamaan tersebut akan diinput ke dalam program, hal ini supaya EC sensor yang digunakan dapat bersifat fleksibel mengukur nilai EC dan tegangannya supaya lebih akurat, output dari persamaan ini adalah nilai EC. Berikut adalah pengaplikasian persamaan diatas ke dalam program:

```

if (temp <21){
ec_temp=(6.6831*VoltageEC)-0.0154;
Serial.println("Zone ec 1");

}else if((temp >=21)&& (temp<23)){
ec_temp=(6.4053*VoltageEC)-0.0309;
Serial.println("Zone ec 2");

}else if((temp >=23)&& (temp<25)){
ec_temp=(6.3135*VoltageEC)-0.1219;
Serial.println("Zone ec 3");

}else if((temp >=25)&& (temp<27)){
ec_temp=(6.111*VoltageEC)-0.1577;
Serial.println("Zone ec 4");

}else if((temp >=27)&& (temp<29)){
ec_temp=(5.8622*VoltageEC)-0.1496;
Serial.println("Zone ec 5");

}else if((temp >=29)&& (temp<31)){
ec_temp=(5.6255*VoltageEC)-0.1575;
Serial.println("Zone ec 6");

}else if((temp >=31)&& (temp<33)){
ec_temp=(5.4655*VoltageEC)-0.1713;
Serial.println("Zone ec 7");

}else if((temp >=33)&& (temp<35)){
ec_temp=(5.2622*VoltageEC)-0.1496;
Serial.println("Zone ec 5");

}else if((temp >=29)&& (temp<31)){
ec_temp=(5.6255*VoltageEC)-0.1575;
Serial.println("Zone ec 6");

}else if((temp >=31)&& (temp<33)){
ec_temp=(5.4655*VoltageEC)-0.1713;
Serial.println("Zone ec 7");

}else if((temp >=33)&& (temp<35)){
ec_temp=(5.2622*VoltageEC)-0.1496;
Serial.println("Zone ec 5");

}
}

```

Gambar 4.7. Program EC Sensor

4.2.2. Hasil Pengujian pH Sensor

pH sensor perlu dilakukan kalibrasi dan pengujian sebelum digunakan. pH sensor pada setelan pabrik sudah disetting untuk mengukur larutan EC pada suhu 25°C. Secara teori, nilai pH akan naik apabila terjadi kenaikan suhu meskipun kenaikan nilai pH tersebut tidak signifikan seperti kenaikan nilai EC, itu artinya nilai pH dan suhu berbanding lurus. Pada penelitian ini saya melakukan pengujian pH sensor menggunakan empat (4) larutan kalibrasi sebesar 4.01; 6.86; 7.00 dan 10.01. pH sensor ini akan diuji perubahan besar tegangannya terhadap perubahan suhu yang terjadi. Pengujian dilakukan pada suhu kelipatan 5 di rentang suhu 25°C – 40°C, apabila pH Sensor yang saya gunakan akurat dan layak digunakan maka nilai pH nya akan naik seiring dengan kenaikan suhu.

Metode pengujian yang saya gunakan adalah dengan memasukan larutan kalibrasi ke dalam gelas kecil, yang selanjutnya gelas tersebut akan dimasukan ke dalam mangkuk berisi air hangat bersuhu 40°C dan dibiarkan di dalam mangkuk tersebut sampai suhunya turun sebesar 25°C. alat ukur suhu yang saya gunakan dalam pengujian ini sudah menggunakan sensor suhu DS18B20.

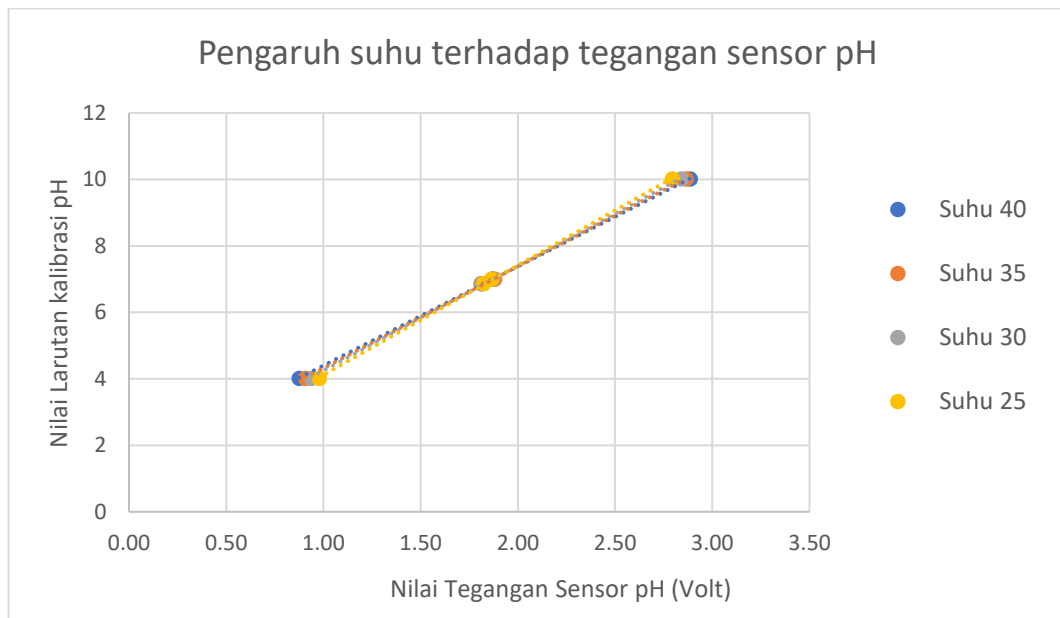
Dari hasil pegujian tersebut, didapatkan data berupa nilai tegangan pada setiap masing – masing larutan kalibrasi sesuai dengan suhu yang digunakan. Semakin tinggi suhunya maka semakin besar tegangannya. Berikut adalah data hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel. 4.4. Hasil pengujian pH Sensor

Larutan Kalibrasi pH	Tegangan			
	40°C	35°C	30°C	25°C
4.01	0.88	0.91	0.94	0.98
6.86	1.82	1.81	1.81	1.82
7	1.87	1.88	1.87	1.86
10.01	2.89	2.87	2.84	2.79

Dari data yang diperoleh setelah dilakukan pengujian pengaruh suhu terhadap pH sensor, dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu maka tegangannya akan semakin tinggi pula.

Langkah selanjutnya setelah diperoleh data tersebut maka data akan diolah menjadi bentuk grafik untuk mendapatkan persamaan pada setiap suhunya. Data grafik ini diolah menggunakan Microsoft excel 2016. Berikut adalah data grafik dan persamaan yang didapatkan pada setiap suhunya:



Gambar 4.8. Grafik hasil pengujian pH Sensor

Grafik tersebut menunjukkan adanya kenaikan pada nilai pH dan nilai tegangan seiring dengan kenaikan suhu, dari grafik tersebut saya mendapatkan persamaan dimana persamaan ini akan digunakan dalam pemrograman pada mikrokontroller. Berikut adalah persamaan yang didapatkan pada suhu yang diuji:

Tabel 4.5. Persamaan pH sensor

Suhu	Persamaan	R ²	Zone
40°C	$y = 2.9824x + 1.4181$	0.9999	4
35°C	$y = 3.0626x + 1.2572$	0.9997	3
30°C	$y = 3.1493x + 1.0986$	0.9997	2
25°C	$y = 3.3021x + 0.8126$	0.9998	1

Keterangan:

x = nilai voltage

y = nilai pH

Persamaan – persamaan tersebut akan diinput ke dalam program, hal ini supaya pH sensor yang digunakan dapat bersifat fleksibel mengukur tegangannya supaya lebih akurat, output dari persamaan ini adalah nilai pH. Berikut adalah pengaplikasian persamaan diatas ke dalam program:

```

}

float ph_zone(float temp,float VoltagePH){

    ph_temp=0;

    if (temp <27.5){
        ph_temp=(3.3021*VoltagePH)+0.8126;
        Serial.println("Zone ph 1");
    }else if((temp >=27.5)&& (temp<32.5)){
        ph_temp=(3.1493*VoltagePH)+1.0986;
        Serial.println("Zone ph 2");
    }else if((temp >=32.5)&& (temp<37.5)){
        ph_temp=(3.0626*VoltagePH)+1.2572;
        Serial.println("Zone ph 3");
    }else if(temp >=37.5){
        ph_temp=(2.9824*VoltagePH)+1.4181;
        Serial.println("Zone ph 4");
    }
    return(ph_temp);

}

void loop(void)
{

```

Gambar 4.9. Program pH Sensor

4.2.3. Hasil Pengujian Keakuratan Data

Pengujian EC sensor dan pH sensor sudah dilakukan, dan kedua sensor tersebut sudah dikalibrasi maka saatnya pengujian alat secara keseluruhan. Pengujian keakuratan data ini dilakukan menggunakan larutan kalibrasi EC sebesar 12.88 dan larutan kalibrasi pH 7.00.

Pada pengujian keakuratan data, saya menggunakan pemrograman yang sudah saya buat menggunakan *software* Arduino IDE. Pemrograman ini merupakan program akhir yang digunakan dalam alat *monitoring* EC dan pH. Persamaan yang didapatkan pada seluruh pengujian sensor akan di-*input* ke dalam program akhir ini. Berikut adalah pemrograman yang saya gunakan untuk perancangan alat *monitoring* EC dan pH:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 4

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

//Adafruit_ADS1115 ads(0x48);
Adafruit_ADS1115 ads;
float VoltageEC = 0.0;
float VoltagePH = 0.0;
float ph_raw;
float ph_temp;
float ec_raw;
float ec_temp;

float temp;

//unsigned int ADCValue;

//float ph;
//float Vcc;

void setup(void)
```

```

{
  Serial.begin(9600);
  lcd.backlight();
  lcd.begin();
  lcd.home();
  sensors.begin();
  ads.begin();
}

float ec_zone(float temp, float VoltageEC) {

  ec_temp=0;

  if (temp <21){
    ec_temp=(6.6831*VoltageEC)-0.0154;
    Serial.println("Zone ec 1");
  }else if((temp >=21)&& (temp<23)){
    ec_temp=(6.4053*VoltageEC)-0.0309;
    Serial.println("Zone ec 2");
  }else if((temp >=23)&& (temp<25)){
    ec_temp=(6.3135*VoltageEC)-0.1219;
    Serial.println("Zone ec 3");
  }else if((temp >=25)&& (temp<27)){
    ec_temp=(6.111*VoltageEC)-0.1577;


---


    ec_temp=(6.111*VoltageEC)-0.1577;
    Serial.println("Zone ec 4");
  }else if((temp >=27)&& (temp<29)){
    ec_temp=(5.8622*VoltageEC)-0.1496;
    Serial.println("Zone ec 5");
  }else if((temp >=29)&& (temp<31)){
    ec_temp=(5.6255*VoltageEC)-0.1575;
    Serial.println("Zone ec 6");
  }else if((temp >=31)&& (temp<33)){
    ec_temp=(5.4655*VoltageEC)-0.1713;
    Serial.println("Zone ec 7");
  }else if((temp >=33)&& (temp<35)){
    ec_temp=(5.3032*VoltageEC)-0.2157;
    Serial.println("Zone ec 8");
  }else if((temp >=35)&& (temp<37)){
    ec_temp=(5.1398*VoltageEC)-0.243;
    Serial.println("Zone ec 9");
  }else if((temp >=37)&& (temp<39)){
    ec_temp=(4.9839*VoltageEC)-0.2713;
    Serial.println("Zone ec 10");
  }else if(temp>39){


---


    ec_temp=(4.8464*VoltageEC)-0.3079;
    Serial.println("Zone ec 11");
  }

  return ec_temp;
}

float ph_zone(float temp, float VoltagePH) {

  ph_temp=0;

  if (temp <27.5){
    ph_temp=(3.3021*VoltagePH)+0.8126;
    Serial.println("Zone ph 1");
  }else if((temp >=27.5)&& (temp<32.5)){
    ph_temp=(3.1493*VoltagePH)+1.0986;
    Serial.println("Zone ph 2");
  }else if((temp >=32.5)&& (temp<37.5)){
    ph_temp=(3.0626*VoltagePH)+1.2572;
    Serial.println("Zone ph 3");
  }else if(temp >=37.5){
    ph_temp=(2.9824*VoltagePH)+1.4181;
    Serial.println("Zone ph 4");
  }
}

```



```

        Serial.println("Zone ph 4");
    }
    return(ph_temp);

}

void loop(void)
{
    int16_t adc0;
    int16_t adc1;

    adc0 = ads.readADC_SingleEnded(0);
    VoltagePH = (adc0 * 0.1875)/1000;

    adc1 = ads.readADC_SingleEnded(1);
    VoltageEC = (adc1 * 0.1875)/1000;

    sensors.requestTemperatures();
    float temp = sensors.getTempCByIndex(0);

    ec_temp=ec_zone(temp,VoltageEC);
    ph_temp=ph_zone(temp,VoltagePH);

    if(temp != DEVICE_DISCONNECTED_C){
        Serial.print("Temperature is: ");

        Serial.println(temp);
    }

    Serial.print("Voltage0: ");
    Serial.println(VoltagePH);

    Serial.print("Voltage1: ");
    Serial.println(VoltageEC);
    //Serial.print("EC RAW: ");
    //Serial.println(ec_raw);
    Serial.print("PH TEMP: ");
    Serial.println(ph_temp);

    Serial.print("EC TEMP: ");
    Serial.println(ec_temp);

    Serial.println("=====");

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("VP:");
    lcd.setCursor(4,0);
    lcd.print(String(VoltagePH));
    lcd.setCursor(11,0);

    lcd.print("PH:");
    lcd.setCursor(15,0);
    lcd.print(String(ph_temp));

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("VE:");
    lcd.setCursor(4,1);
    lcd.print(String(VoltageEC));
    lcd.setCursor(11,1);
    lcd.print("EC:");
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(String(ec_temp));

    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("T :");
    lcd.setCursor(4,2);
    lcd.print(String(temp));

    delay(2000);
}

```

Pada pengujian ini saya masih menggunakan larutan kalibrasi, hal ini bertujuan untuk mengecek kebenaran data yang akan ditampilkan di LCD 20x4. Semua komponen sudah terpasang dan alat siap untuk digunakan, hasil dari pengujian ini adalah nilai yang muncul di layar LCD 20x4 harus sesuai dengan nilai larutan kalibrasinya. Berikut adalah hasil pengujian keakuratan data:



Gambar 4.10. hasil pengujian keakuratan data

Sumber: dokumen pribadi

Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa nilai EC larutannya sebesar 11.33 ms/cm dan nilai pH nya sebesar 6.86. Kedua nilai tersebut menunjukkan nilai yang hampir mendekati nilai larutan kalibrasi, apabila kita mau menunggu lebih lama lagi maka hasilnya akan sesuai dengan nilai larutan kalibrasi.

Dari pengujian keakuratan data, dapat diketahui bahwa data yang ditampilkan di layar LCD 20x4 sudah sesuai dan alat sudah siap untuk digunakan di greenhouse.

4.2.4. Konversi EC ke TDS

Petani sistem hidroponik di Indonesia lebih lazim menggunakan *Total Dissolve Solid* (TDS) untuk mengukur nilai pada larutan nutrisi hidroponik. Salah satu kekurangan dari TDS ini adalah alat ini sudah

$$\text{TDS } (\text{mg/L}) = k \times \text{EC } (\mu\text{S/cm}) \dots\dots\dots (1)$$

diprogram bahwa suhu larutan nutrisi yang diukur memiliki suhu 25°C, sehingga berapapun suhu larutan pada saat dilakukan pengukuran oleh TDS, TDS akan tetap menganggap bahwa suhu larutan adalah 25°C. Berikut adalah persamaan yang bisa digunakan oleh pengguna Alat *monitoring* nilai EC dan pH pada sistem hidroponik untuk mengkonversi nilai EC ke dalam nilai TDS (Rusydi 2018) :

Keterangan :

TDS = nilai TDS (mg/L)

k = rasio TDS/EC

EC = nilai EC ($\mu S/cm$)

Nilai k akan meningkat dengan bertambahnya ion dalam air. Namun, hubungan antara konduktivitas dan TDS tidak langsung linier tergantung pada aktivitas ion terlarut spesifik aktivitas rata – rata semua ion dalam cairan dan kekuatan ionic. Pada tahun 1989 hubungan yang lebih rinci antara EC dan TDS, Walton memberikan nilai k spesifik untuk rentang khusus EC. Berikut adalah data korelasi EC dan TDS pada berbagai jenis air:

Tabel 4.6. Korelasi EC dan TDS pada berbagai jenis Air

Jenis Air	EC	Ratio TDS/EC (k)
Natural water for irrigation	500 – 3,000 $\mu S/cm$	0.55 – 0.75
Natural water	500 – 3,000 $\mu S/cm$	0.55 – 0.75
Distillate water	1 -10 $\mu S/cm$	0.5
Freshwater	300 – 800 $\mu S/cm$	0.55
Seawater	45,000 – 60,000 $\mu S/cm$	0.7
Brine water	65,000 – 85,000 $\mu S/cm$	0.75

Sumber: Anna F Rusydi 2018 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **118** 012019

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan alat *monitoring* EC dan nilai pH pada instalasi hidroponik, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai EC berbanding lurus dengan suhu pada larutan EC, sehingga apabila suhu naik maka nilai EC akan naik, begitupun sebaliknya
2. Nilai pH berbanding lurus dengan suhu pada larutan pH, sehingga apabila suhu naik maka nilai pH akan naik, begitupun sebaliknya
3. Data yang dikirimkan ke user adalah hasil dari perhitungan nilai voltage yang disubstitusikan ke persamaan disesuaikan dengan suhu
4. Nilai EC, nilai Ph dan nilai voltage yang dikirimkan ke user akan berubah sesuai dengan suhu yang fluaktif sehingga nilai tersebut akurat.
5. Data yang dikirimkan sensor ke user cukup akurat dan sesuai dengan nilai larutan yang digunakan.

5.2. Saran

Untuk dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait perancangan alat *monitoring* EC dan pH pada instalasi hidroponik, maka ada beberapa saran yang mungkin bisa dilakukan untuk penelitian selanjutnya:

1. Larutan yang digunakan untuk kalibrasi dan pengujian lebih baik menggunakan lebih dari 3 larutan
2. Waktu untuk pembuatan alat lebih baik diperpanjang supaya alat bisa lebih optimal, pengujian bisa dilakukan lebih teliti dan bisa dikembangkan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Didik Pratama, Agustini Notosudjono, dan Rodiah. 2022. "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik untuk Box Sterilisasi pada Benda Berbasis Internet of Things (IoT)." *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Elektro*. Diakses May 21, 2022.
- Akfi, Yurkha, Kusuma. 2020. "Rancang Bangun Alat Pelipat Baju Otomatis menggunakan Arduino Uno." (Universitas Dinamika). Diakses May 14, 2022.
- Fundhi, Fanju, Rizky H., Sari, Anastasya M., dan Latubessy. 2015. "Game Edukasi Perakitan Amplifier Berbasis Android Untuk User Umum." *Jurnal SIMETRIS* 151-156. Diakses May 20, 2022.
- Kabul, Setiya, dan Pramudya Yudhiakto. 2017. "Pengembangan Sistem Akuisisi Data Kelembaban dan Suhu dengan Menggunakan Sensor DHT11 dan Arduino Berbasis IoT." *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Prodi Pendidikan Fisika dan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Jakarta) VI: 47-54. Diakses May 22, 2022.
doi:doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.CIP.07.
- Muliadi, Al Imran, dan Muh. Rasul. 2020. "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32." *Media Elektrik* (Universitas Negeri Makassar) 17: 73-79. Diakses May 16, 2022.
- Reyes, J., Montoya R., Ledesma C., dan Ramirez R. 2012. "Development of an Aeroponic Sistem for Vegetable Production." *ISHS Acta Horticulture* 974. Diakses May 15, 2022.
- Roidah, Ida Syamsu. 2014. "Pemanfaatan Lahan dengan Menggunakan Sistem Hidroponik." *Jurnal Universitas Tulungagung BONOROWO* (Universitas Tulungagung) Vol.1: 43-50. Diakses May 31, 2022.
doi:https://doi.org/10.36563/bonorowo.v1i2.14.
- Rusydi, Anna F. 2018. "Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water." *Global Colloquium on GeoSciences and Engineering*.
- Taufanapri, Maha, Putra, Dyka. 2018. "Pengendalian PH dan EC pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri." Diakses May 17, 2022.
- Ulfa, F. 2013. "Peran Senyawa Bioaktif Tanaman sebagai Zat Pengatur Tumbuh dalam Memacu Produksi Umbi Mini Kentang." (Program Studi Ilmu Pertanian Program Pasca Sarjana, Universitas Hasanudin). Diakses May 15, 2022.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data primer hasil pengujian EC sensor larutan 12.88 ms/cm

A. Pengulangan 1

Larutan 12.88 (P1)																						
Suhu	40		38		36		34		32		30		28		26		24		22		20	
Parameter	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage
Nilai	17.48	2.866	17	2.788	16.46	2.7	15.93	2.612	15.39	2.524	14.89	2.441	14.44	2.368	13.84	2.27	13.34	2.187	12.92	2.119	12.47	2.045
	17.45	2.861	16.97	2.783	16.52	2.709	15.96	2.617	15.42	2.529	14.92	2.446	14.41	2.363	13.81	2.265	13.4	2.197	12.95	2.124	12.53	2.055
	17.42	2.856	17.03	2.792	16.49	2.705	15.87	2.602	15.45	2.534	14.95	2.451	14.47	2.373	13.87	2.275	13.34	2.187	12.98	2.128	12.5	2.05
	17.51	2.871	16.94	2.778	16.55	2.714	15.9	2.607	15.48	2.539	14.86	2.436	14.38	2.358	13.79	2.26	13.37	2.192	12.89	2.114	12.45	2.041
Rerata	17.47	2.86	16.99	2.79	16.51	2.71	15.92	2.61	15.44	2.53	14.91	2.44	14.43	2.37	13.83	2.27	13.36	2.19	12.94	2.12	12.49	2.05

B. Pengulangan 2

Larutan 12.88 (P2)																						
Suhu	40		38		36		34		32		30		28		26		24		22		20	
Parameter	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage
Nilai	15.33	2.514	14.95	2.451	14.35	2.353	13.99	2.294	13.49	2.211	13.16	2.158	12.53	2.005	12.03	1.972	11.58	1.899	11.55	1.894	10.93	1.791
	15.3	2.509	14.92	2.446	14.32	2.348	13.96	2.29	13.52	2.216	13.13	2.153	12.59	2.065	12	1.967	11.61	1.904	11.52	1.889	10.96	1.796
	15.27	2.504	14.8	2.426	14.38	2.358	13.93	2.285	13.46	2.207	13.19	2.163	12.56	2.06	11.97	1.962	11.64	1.909	11.58	1.899	10.99	1.801
	15.24	2.5	14.77	2.421	14.29	2.343	13.87	2.275	13.43	2.202	13.16	2.158	12.56	2.06	12.06	1.977	11.55	1.894	11.52	1.889	10.93	1.791
Rerata	15.29	2.51	14.86	2.44	14.34	2.35	13.94	2.29	13.48	2.21	13.16	2.16	12.56	2.05	12.02	1.97	11.60	1.90	11.54	1.89	10.95	1.79
Rerata Total	16.38	2.69	15.92	2.61	15.42	2.53	14.93	2.45	14.46	2.37	14.03	2.30	13.49	2.21	12.92	2.12	12.48	2.05	12.24	2.01	11.72	1.92

Lampiran 2. Data primer hasil pengujian EC sensor larutan 5 ms/cm

A. Pengulangan 1

Larutan 5 (P1)																						
Suhu	40		38		36		34		32		30		28		26		24		22		20	
Parameter	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage
Nilai	7.26	1.191	6.88	1.127	6.61	1.083	6.34	1.04	6.13	1.005	5.9	0.966	5.69	0.932	5.48	0.898	5.24	0.859	5.06	0.83	4.82	0.791
	7.23	1.186	6.85	1.123	6.64	1.088	6.37	1.044	6.1	1	5.95	0.976	5.72	0.937	5.51	0.903	5.21	0.854	5.03	0.825	4.85	0.795
	7.21	1.181	6.82	1.118	6.58	1.079	6.31	1.035	6.16	1.01	5.92	0.971	5.66	0.927	5.48	0.898	5.27	0.864	5	0.82	4.79	0.786
	7.18	1.179	6.79	1.113	6.61	1.083	6.37	1.044	6.1	1	5.87	0.961	5.69	0.932	5.45	0.893	5.21	0.854	5.03	0.825	4.82	0.791
Rerata	7.22	1.18	6.84	1.12	6.61	1.08	6.35	1.04	6.12	1.00	5.91	0.97	5.69	0.93	5.48	0.90	5.23	0.86	5.03	0.83	4.82	0.79

B. Pengulangan 2

Larutan 5 (P2)																						
Suhu	40		38		36		34		32		30		28		26		24		22		20	
Parameter	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage
Nilai	7.32	1.201	7.03	1.152	6.67	1.093	6.43	1.054	6.01	0.986	5.87	0.961	5.6	0.917	5.39	0.883	5.15	0.844	4.88	0.8	4.61	0.756
	7.29	1.196	7.06	1.157	6.7	1.098	6.37	1.044	6.04	0.991	5.9	0.966	5.63	0.922	5.36	0.878	5.12	0.839	4.85	0.795	4.64	0.761
	7.32	1.201	7	1.147	6.64	1.088	6.4	1.049	6.07	0.996	5.84	0.957	5.33	0.913	5.33	0.874	5.15	0.844	4.88	0.8	4.67	0.766
	7.29	1.196	6.97	1.142	6.67	1.093	6.37	1.044	6.01	0.986	5.87	0.961	5.3	0.917	5.3	0.869	5.12	0.839	4.85	0.795	4.61	0.756
Rerata	7.31	1.20	7.02	1.15	6.67	1.09	6.39	1.05	6.03	0.99	5.87	0.96	5.47	0.92	5.35	0.88	5.14	0.842	4.87	0.80	4.63	0.76
Rerata Total	7.26	1.19	6.93	1.13	6.64	1.09	6.37	1.04	6.08	1.00	5.89	0.96	5.58	0.92	5.41	0.89	5.18	0.85	4.95	0.81	4.73	0.78

Lampiran 3. Data primer hasil pengujian EC sensor larutan 1.413 ms/cm

A. Pengulangan 1

Larutan 1413 (P1)																						
Suhu	40		38		36		34		32		30		28		26		24		22		20	
Parameter	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage
Nilai	1.85	0.302	1.79	0.292	1.73	0.283	1.67	0.273	1.61	0.263	1.58	0.258	1.52	0.249	1.46	0.239	1.4	0.229	1.34	0.219	1.28	0.209
	1.88	0.307	1.82	0.297	1.7	0.278	1.7	0.278	1.64	0.268	1.55	0.253	1.49	0.244	1.49	0.244	1.43	0.234	1.37	0.224	1.25	0.205
	1.82	0.297	1.76	0.288	1.76	0.288	1.64	0.268	1.58	0.258	1.55	0.253	1.52	0.249	1.43	0.234	1.37	0.224	1.31	0.214	1.28	0.209
	1.85	0.302	1.79	0.292	1.7	0.278	1.67	0.273	1.61	0.263	1.55	0.253	1.49	0.244	1.46	0.239	1.4	0.229	1.34	0.219	1.25	0.205
Rerata	1.85	0.30	1.79	0.29	1.72	0.28	1.67	0.27	1.61	0.26	1.56	0.25	1.51	0.25	1.46	0.24	1.40	0.23	1.34	0.22	1.27	0.21

B. Pengulangan 2

Larutan 1413 (P2)																						
Suhu	40		38		36		34		32		30		28		26		24		22		20	
Parameter	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage	EC	Voltage
Nilai	1.82	0.279	1.73	0.283	1.67	0.273	1.61	0.263	1.55	0.253	1.49	0.244	1.4	0.229	1.34	0.219	1.25	0.205	1.22	0.2	1.16	0.19
	1.79	0.292	1.76	0.288	1.7	0.278	1.58	0.258	1.52	0.249	1.46	0.239	1.43	0.224	1.37	0.224	1.28	0.209	1.19	0.195	1.13	0.185
	1.85	0.302	1.76	0.288	1.7	0.278	1.64	0.268	1.55	0.253	1.49	0.244	1.43	0.224	1.31	0.214	1.25	0.205	1.22	0.2	1.16	0.19
	1.82	0.279	1.73	0.283	1.67	0.273	1.61	0.263	1.52	0.249	1.46	0.239	1.4	0.229	1.34	0.219	1.28	0.209	1.19	0.195	1.13	0.185
Rerata	1.82	0.29	1.75	0.29	1.69	0.28	1.61	0.26	1.54	0.25	1.48	0.24	1.42	0.23	1.34	0.22	1.27	0.21	1.21	0.20	1.15	0.19
Rerata Total	1.84	0.30	1.77	0.29	1.70	0.28	1.64	0.27	1.57	0.26	1.52	0.25	1.46	0.24	1.40	0.23	1.33	0.22	1.27	0.21	1.21	0.20

Lampiran 4. Data primer hasil pengujian pH sensor larutan 4.01 pH

A. Pengulangan 1

Larutan pH 4.01 (P1)

Suhu	40		35		30		25	
Parameter	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage
Nilai	1.9	0.9	1.93	0.93	1.95	0.95	1.99	0.99
	1.89	0.89	1.91	0.91	1.94	0.94	1.97	0.97
	1.87	0.87	1.92	0.92	1.96	0.96	2	1
	1.88	0.88	1.93	0.93	1.94	0.94	1.98	0.98
Rerata	1.89	0.89	1.92	0.92	1.95	0.95	1.99	0.99

B. Pengulangan 2

Larutan pH 4.01 (P2)

Suhu	40		35		30		25	
Parameter	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage
Nilai	1.86	0.86	1.88	0.88	1.93	0.93	1.97	0.97
	1.85	0.85	1.89	0.89	1.91	0.91	1.96	0.96
	1.88	0.88	1.9	0.9	1.92	0.92	1.98	0.98
	1.87	0.87	1.9	0.9	1.94	0.94	1.97	0.97
Rerata	1.87	0.87	1.89	0.89	1.93	0.93	1.97	0.97
Rerata Total	1.88	0.88	1.91	0.91	1.94	0.94	1.98	0.98

Lampiran 5. Data primer hasil pengujian pH sensor larutan 6.86 pH

A. Pengulangan 1

Larutan pH 6.86 (P1)

Suhu	40		35		30		25	
Parameter	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage
Nilai	2.82	1.82	2.81	1.81	2.8	1.8	2.83	1.83
	2.81	1.81	2.83	1.83	2.83	1.83	2.8	1.8
	2.81	1.81	2.8	1.8	2.82	1.82	2.82	1.82
	2.83	1.83	2.8	1.8	2.81	1.81	2.82	1.82
Rerata	2.82	1.82	2.81	1.81	2.82	1.82	2.82	1.82

B. Pengulangan 2

Larutan pH 6.86 (P2)

Suhu	40		35		30		25	
Parameter	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage
Nilai	2.8	1.8	2.8	1.8	2.82	1.82	2.82	1.82
	2.82	1.82	2.82	1.82	2.81	1.81	2.83	1.83
	2.83	1.83	2.8	1.8	2.8	1.8	2.83	1.83
	2.81	1.81	2.81	1.81	2.81	1.81	2.84	1.84
Rerata	2.82	1.82	2.81	1.81	2.81	1.81	2.83	1.83

Rerata Total	2.82	1.82	2.81	1.81	2.81	1.81	2.82	1.82
--------------	------	------	------	------	------	------	------	------

Lampiran 6. Data primer hasil pengujian pH sensor larutan 7.00 pH

A. Pengulangan 1

Larutan pH 7.00 (P1)

Suhu	40		35		30		25	
Parameter	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage
Nilai	2.86	1.86	2.88	1.88	2.85	1.85	2.88	1.88
	2.87	1.87	2.89	1.89	2.86	1.86	2.86	1.86
	2.88	1.88	2.87	1.87	2.88	1.88	2.85	1.85
	2.89	1.89	2.89	1.89	2.87	1.87	2.86	1.86
Rerata	2.88	1.88	2.88	1.88	2.87	1.87	2.86	1.86

B. Pengulangan 2

Larutan pH 7.00 (P2)

Suhu	40		35		30		25	
Parameter	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage
Nilai	2.86	1.86	2.87	1.87	2.88	1.88	2.88	1.88
	2.88	1.88	2.88	1.88	2.87	1.87	2.85	1.85
	2.85	1.85	2.87	1.87	2.86	1.86	2.86	1.86
	2.86	1.86	2.89	1.89	2.88	1.88	2.87	1.87
Rerata	2.86	1.86	2.88	1.88	2.87	1.87	2.87	1.87
Rerata Total	2.87	1.87	2.88	1.88	2.87	1.87	2.86	1.86

Lampiran 7. Data primer hasil pengujian pH sensor larutan 7.00 pH

A. Pengulangan 1

Larutan pH 10.01 (P1)

Suhu	40		35		30		25	
Parameter	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage
Nilai	3.88	2.88	3.87	2.87	3.85	2.85	3.79	2.79
	3.9	2.9	3.88	2.88	3.84	2.84	3.81	2.81
	3.89	2.89	3.87	2.87	3.85	2.85	3.8	2.8
	3.9	2.9	3.86	2.86	3.84	2.84	3.82	2.82
Rerata	3.89	2.89	3.87	2.87	3.85	2.85	3.81	2.81

B. Pengulangan 2

Larutan pH 10.01 (P2)

Suhu	40		35		30		25	
Parameter	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage	pH	Voltage
Nilai	3.89	2.89	3.87	2.87	3.85	2.85	3.79	2.79
	3.88	2.88	3.85	2.85	3.82	2.82	3.77	2.77
	3.87	2.87	3.86	2.86	3.84	2.84	3.81	2.81
	3.88	2.88	3.86	2.86	3.83	2.83	3.76	2.76
Rerata	3.88	2.88	3.86	2.86	3.84	2.84	3.78	2.78
Rerata Total	3.89	2.89	3.87	2.87	3.84	2.84	3.79	2.79