

**IMPLEMENTASI IOT UNTUK *MONITORING*
TANAMAN HIDROPONIK
(STUDI KASUS PRODI BIOLOGI UIN AR-RANIRY
BANDA ACEH)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Oleh :
ICHA WIDYA PRATIWI
NIM. 190705072
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry
Program Studi Teknologi Informasi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M / 1444**

**IMPLEMENTASI IOT UNTUK *MONITORING*
TANAMAN HIDROPONIK
(STUDI KASUS PRODI BIOLOGI UIN AR-RANIRY
BANDA ACEH)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Prodi Teknologi Informasi

Oleh :
ICHA WIDYA PRATIWI
NIM. 190705072
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,



(Ima Dwitawati, M.BA)

NIP. 198210132014032002

Pembimbing II,



(Muslih Hidayat, M.Si)

NIP. 197903022008011008

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknologi Informasi



Ima Dwitawati, M.BA

NIP. 198210132014032002

**IMPLEMENTASI IOT UNTUK *MONITORING*
TANAMAN HIDROPONIK
(STUDI KASUS PRODI BIOLOGI UIN AR-RANIRY
BANDA ACEH)**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Prodi Teknologi Informasi

Pada Hari/Tanggal : Kamis, 22 Juni 2023

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,



Ima Dwitawati, M.BA

NIP. 198210132014032002

Sekretaris,



Muslich Hidayat, M.Si

NIP. 197903022008011008

Penguji I,



Firmansyah, M.T

NIP. 198704212015031002

Penguji II,



Syafiqina Sari Lubis

NIP. 198004252014032001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh,



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU

NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Icha Widya Pratiwi

NIM 190705072

Program Studi : Teknologi Informasi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Implementasi IOT Untuk *Monitoring* Tanaman Hidroponik
(Studi Kasus Prodi Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah skripsi orang lain;
3. Tidak menggunakan skripsi orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik skripsi;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri skripsi ini dan mampu bertanggung jawab atas skripsi ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas skripsi saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang dibuktikan bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 15 Mei 2023

Yang Menyatakan


8FC23AKX226143660
(Icha Widya Pratiwi)

ABSTRAK

Nama : Icha Widya Pratiwi
NIM : 190705072
Program Studi : Teknologi Informasi
Fakultas : Sains dan Teknologi (FST)
Fakultas : Implementasi IOT Untuk *Monitoring* Tanaman Hidroponik
(Studi Kasus Prodi Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh)
Tanggal Sidang : 22 Juni 2023/ 03 Dzulhijjah 1444 H
Tebal Skripsi : 75 Halaman
Pembimbing I : Ima Dwitawati, MBA
Pembimbing II : Muslich Hidayat, M.Si
Kata Kunci : *Internet of Things, Hidroponik, ESP32, Arduino IoT Cloud.*

Internet of Things dapat digunakan dalam bidang monitoring tanaman hidroponik. Untuk memudahkan pengukuran suhu dan kelembapan udara, suhu air, intensitas cahaya, pH air, dan nilai TDS air, maka penelitian ini mengembangkan alat dengan teknologi IoT untuk memonitoring ke-enam parameter tersebut. Dalam penelitian ini, perancangan perangkat keras (*hardware*) menggunakan mikrokontroler *ESP32 WROOM-32U*, sensor DHT22, sensor DS18B20, sensor BH1750, sensor TDS DFRobot, sensor pH4502C. Implementasi alat monitoring digunakan Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Hasil pengukuran sensor diuji dengan membandingkan dengan alat manual berstandar nasional, untuk hasil akurasi pengukuran dari alat ini adalah baik, yaitu berkisar 94,91% - 99,24%. Dengan masing-masing keakuratan sensor: sensor DHT22 untuk mengukur suhu memiliki akurasi 99,24% sedangkan kelembapan 98,47%, sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi 94,91%, sensor BH1750 memiliki tingkat akurasi 96,31%, sensor TDS memiliki tingkat akurasi 99,51%, dan sensor pH4502C memiliki tingkat akurasi 98,38% .

Kata kunci : *Internet of Things (IoT), Hidroponik, ESP32, Arduino IoT Cloud.*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur selalu kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang atas segala rahmat dan hidayah-Nya kita masih dapat melihat alam semesta yang indah ini. Tak lupa pula shalawat beriring salam selalu kita panjatkan untuk tuntunan suri tauladan Baginda Rasulullah Shallahu'alaihiwasalam dan beserta keluarga dan sahabat beliau yang senantiasa menjunjung tinggi nilai-nilai keislaman serta menggali ilmu yang tiada habisnya yang sampai saat ini masih bisa dinikmati oleh setiap manusia, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Implementasi IOT Untuk *Monitoring* Tanaman Hidroponik (Studi Kasus Prodi Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh)”**.

Penulisan tugas akhir ini adalah salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Fakultas Sains dan Teknologi di UIN Ar-Raniry, Banda Aceh. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak sekali menghadapi kesulitan dalam teknik penulisan maupun dalam penguasaan bahan. Walaupun demikian, penulis tidak putus asa dalam menghadapi permasalahan dan dengan adanya dukungan dari berbagai pihak, terutama sekali dosen pembimbing kesulitan yang dihadapi dapat teratasi. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Bapak Dr. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU yang selalu mendukung dan memberi motivasi untuk kami.
2. Ketua Prodi Teknologi Informasi Ibu Ima Dwitawati, MBA.
3. Sekretaris Prodi Teknologi Informasi Bapak Khairan AR, M.Kom.

4. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknologi Informasi yang telah memberikan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi informasi kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir karya ilmiah ini.
5. Ibu Ima Dwitawati, MBA sebagai pembimbing pertama dan Bapak Muslich Hidayat, M.Si sebagai pembimbing kedua, yang telah meluangkan waktunya dan mencurahkan pemikirannya dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Kepada Staf Program Studi Teknologi Informasi Ibu Cut Ida Rahmadiana S,Si yang telah membantu penulis dalam hal pengurusan administrasi dan surat-surat untuk keperluan penyelesaian tugas akhir.
7. Kepada Staf Program Studi Biologi dan Arsitektur beserta laboran yang telah membantu penulis dalam hal pengurusan peminjaman alat untuk keperluan penyelesaian tugas akhir.
8. Kepada kedua orang tua yang penulis cintai karena Allah, Suwanto dan Mardiana yang senantiasa mendoakan, membimbing, mendidik, serta memberikan semangat dan dukungan kebaikan tanpa batas, semoga Allah membalas segala jasa-jasanya dengan kebaikan yaitu SurgaNya.
9. Kepada adik penulis tercinta, Tirta Dwi Anugrah terimakasih atas doa dan segala dukungan.
10. Sahabat dan teman-teman mahasiswa program studi Teknologi Informasi angkatan 2019 terkhususnya kepada Ahmad Farhan Habibie, Anggun May Erdelita, Tasya Azzuhra, Ikhwatusyifa Adiby, Farla Nara Viana, serta

seluruh keluarga Teknologi Informasi yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.

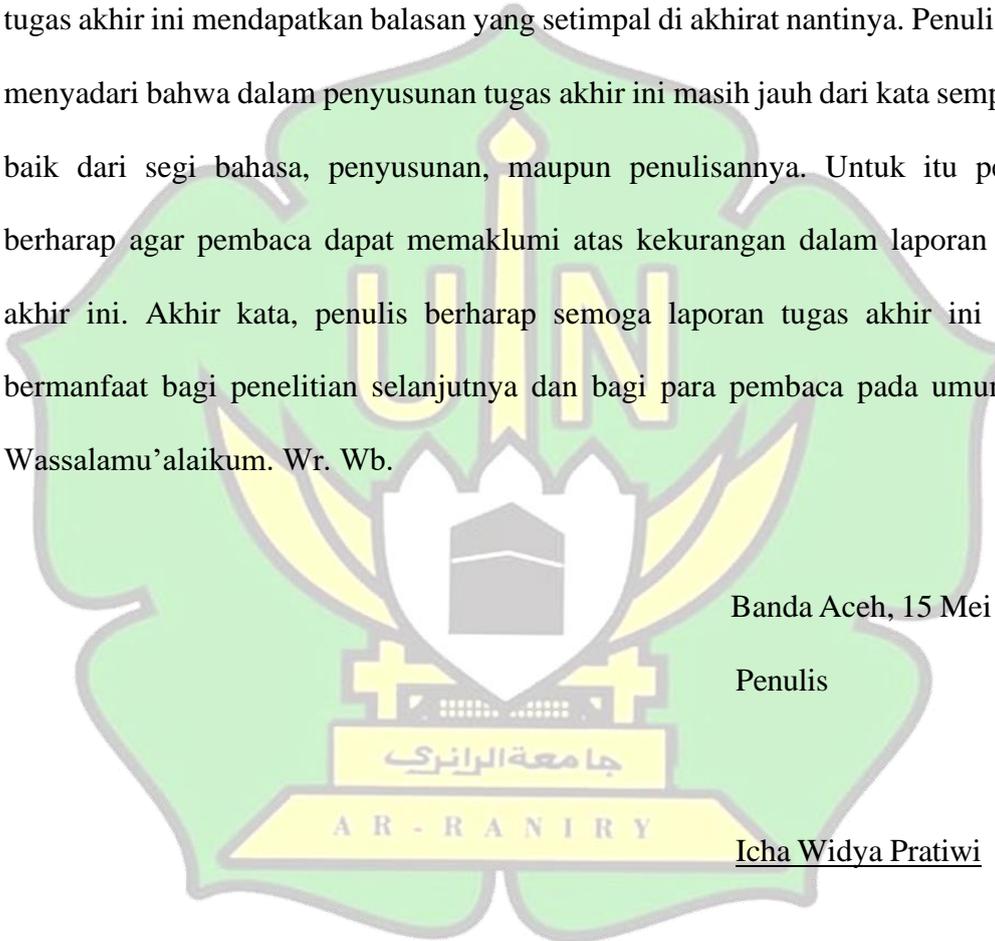
11. Dan untuk semuanya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan bantuan semua pihak di atas, penulis bersyukur dan berdoa kepada Allah SWT, semoga semua bantuan yang penulis terima dalam proses penulisan tugas akhir ini mendapatkan balasan yang setimpal di akhirat nantinya. Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi bahasa, penyusunan, maupun penulisannya. Untuk itu penulis berharap agar pembaca dapat memaklumi atas kekurangan dalam laporan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya dan bagi para pembaca pada umumnya. Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Banda Aceh, 15 Mei 2023

Penulis

Icha Widya Pratiwi



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GRAFIK	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Manfaat Penelitian	3
I.5 Batasan Masalah	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
II.1 Penelitian Terdahulu.....	5
II.2 Landasan Teori.....	9
II.2.1 Hidroponik	9
II.2.2 <i>Internet of Things (IOT)</i>	14
II.2.3 Modul ESP WROOM-32U	14
II.2.4 <i>Arduino IoT Cloud</i>	15
II.2.5 <i>Arduino Cloud Remote</i>	16
II.2.6 Sensor DHT22.....	16
II.2.7 Sensor DS18B20.....	17
II.2.8 Sensor BH1750	17
II.2.9 Sensor TDS	18
II.2.10 Sensor PH 4502C	19
II.2.11 Modul <i>Breadboard Power Supply</i> MB102.....	19

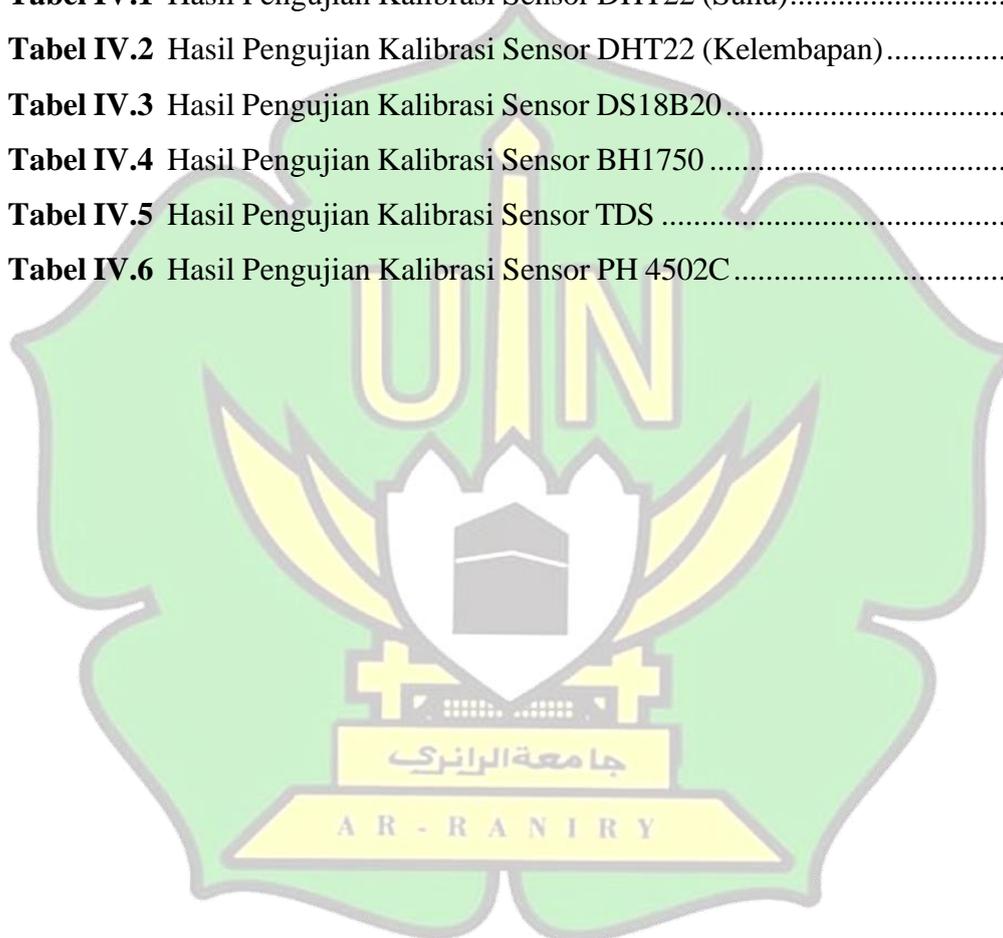
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	20
III.1	Waktu dan Tempat Penelitian	20
III.2	Alat dan Bahan	20
III.3	Kerangka Berpikir	21
III.4	Tahapan Penelitian	21
III.4.1	Observasi Awal	22
III.4.2	Analisa Kebutuhan Alat dan Bahan	22
III.4.3	Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	22
III.4.4	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	25
III.4.5	Pembuatan Alat	27
III.4.6	Kalibrasi Keakuratan Sensor	27
III.4.7	Pengujian Alat	27
III.4.8	Kesimpulan	27
III.5	Teknik Pengumpulan Data	27
III.6	Teknik Pengujian	29
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	30
IV.1	Hasil Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	30
IV.2	Hasil Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	31
IV.3	Hasil Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor	33
IV.3.1	Hasil Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor DHT22	33
IV.3.2	Hasil Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor DS18B20	35
IV.3.3	Hasil Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor BH1750	37
IV.3.4	Hasil Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor TDS	38
IV.3.5	Hasil Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor PH 4502C	40
IV.4	Pengujian Alat	43
IV.5	Pengambilan Data	45
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	50
V.1	Kesimpulan	50
V.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Kebun Hidroponik Prodi Biologi.....	10
Gambar II.2	ESP32 WROOM-32U.....	15
Gambar II.3	Dashboard <i>Arduino IOT Cloud</i>	15
Gambar II.4	Contoh <i>Dashboard Arduino Cloud Remote</i>	15
Gambar II.5	Sensor DHT22.....	16
Gambar II.6	Sensor DS18B20.....	17
Gambar II.7	Sensor BH1750.....	18
Gambar II.8	Sensor TDS.....	18
Gambar II.9	Sensor PH 4502C.....	19
Gambar II.10	<i>Breadboard Power Supply</i> MB102.....	19
Gambar III.1	Kerangka Berpikir.....	23
Gambar III.2	Rangkaian Sensor DHT22.....	23
Gambar III.3	Rangkaian Sensor DS18B20.....	23
Gambar III.4	Rangkaian Sensor BH1750.....	24
Gambar III.5	Rangkaian Sensor TDS.....	24
Gambar III.6	Rangkaian Sensor PH 4502C.....	25
Gambar III.7	Perancangan <i>Software</i>	26
Gambar IV.1	Rangkaian Perangkat Keras (<i>hardware</i>).....	30
Gambar IV.2	<i>Dashboard Arduino IoT Cloud</i>	32
Gambar IV.4	<i>Dashboard Arduino Cloud Remote</i>	33
Gambar IV.4	Uji Kalibrasi Sensor DHT22.....	34
Gambar IV.5	Uji Kalibrasi Sensor DS18B20.....	36
Gambar IV.6	Uji Kalibrasi Sensor BH1750.....	37
Gambar IV.7	Uji Kalibrasi Sensor TDS.....	39
Gambar IV.8	Uji Kalibrasi Sensor PH 4502C dengan Buffer pH 7.....	40
Gambar IV.9	Uji Kalibrasi Sensor PH 4502C dengan Buffer pH 4.....	41
Gambar IV.10	Uji Kalibrasi Sensor PH 4502C dengan Air Hidroponik.....	41
Gambar IV.11	Pengaplikasian Alat ke Hidroponik.....	43
Gambar IV.12	Alat yang sudah dirangkai.....	44
Gambar IV.13	<i>Dashboard Arduino IoT Cloud</i>	44
Gambar IV.14	<i>Dashboard Arduino Cloud Remote</i>	45

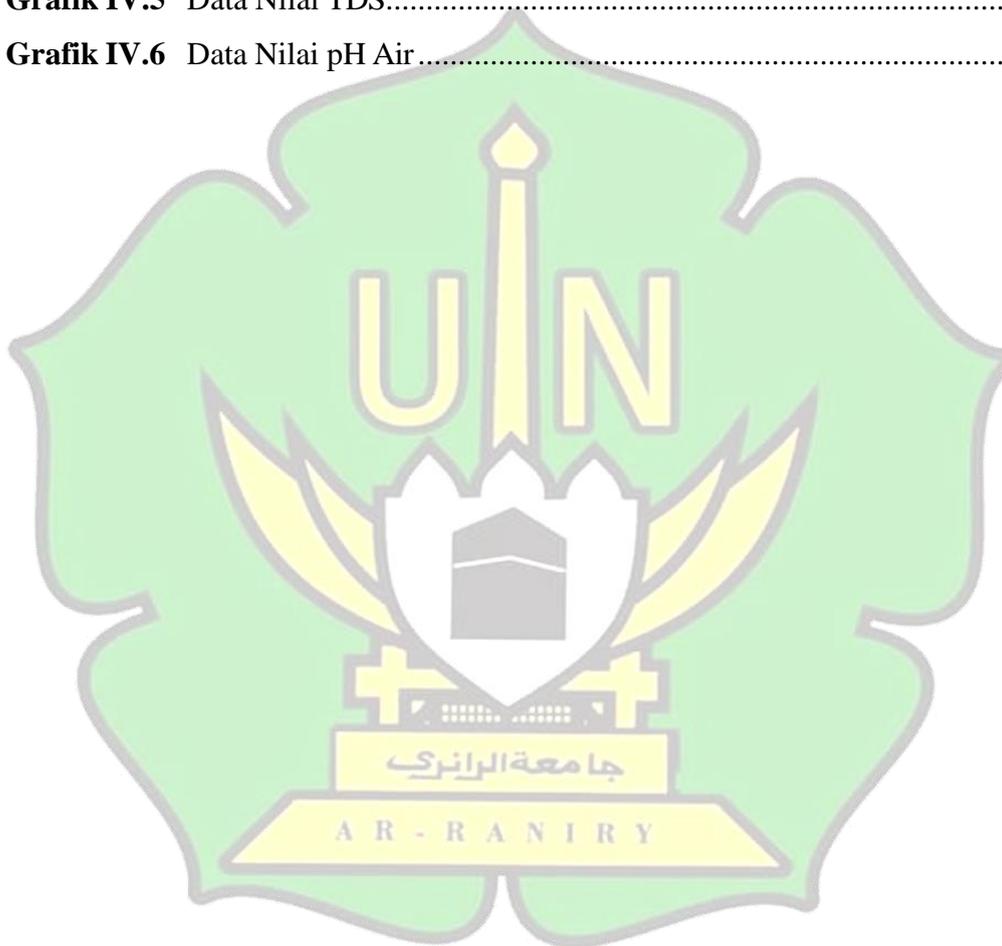
DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Perbandingan Jenis Penelitian Terdahulu	5
Tabel II.2	Nilai pH dan PPM Tanaman Sayuran Daun.....	13
Tabel II.3	Nilai pH dan PPM Tanaman Sayuran Buah.....	13
Tabel III.1	Alat dan Bahan	30
Tabel IV.1	Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DHT22 (Suhu).....	34
Tabel IV.2	Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DHT22 (Kelembapan).....	35
Tabel IV.3	Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DS18B20	36
Tabel IV.4	Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor BH1750	38
Tabel IV.5	Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor TDS	39
Tabel IV.6	Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor PH 4502C	42



DAFTAR GRAFIK

Grafik IV.1	Data Kelembapan Udara	46
Grafik IV.2	Data Suhu Udara	46
Grafik IV.3	Data Suhu Air.....	47
Grafik IV.4	Data Intensitas Cahaya.....	47
Grafik IV.5	Data Nilai TDS.....	48
Grafik IV.6	Data Nilai pH Air	48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar	54
Lampiran 2	Program Code.....	55
Lampiran 3	Data	60
Lampiran 4	Video Penelitian.....	60



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Zaman digital telah merubah berbagai kegiatan manusia yang dulunya dilakukan secara konvensional menjadi mungkin dilakukan secara digital dengan kehadiran, kecanggihan, dan kemudahan yang ditawarkan oleh *Internet of Things (IoT)*. IoT merupakan sebuah konsep yang mengkombinasikan alat ke dalam teknologi dengan memanfaatkan sensor dan program *software* yang terhubung ke internet dengan tujuan untuk saling berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan mengubah data dengan alat (Syahrir dkk, 2020).

IoT di Indonesia berkembang diberbagai bidang, contohnya di bidang pendidikan menurut penelitian (Ramadhan, Arimbawa, & Widiartha, 2018) IoT diterapkan dalam sistem pembelajaran *m-learning*. IoT mengembangkan teknologi sidik jari berbasis *web* yang mempunyai kemampuan untuk mencatat kehadiran siswa (Megawati, 2021). Pada bidang kesehatan, menurut penelitian (Rghioi, L'arje, Elouaai, & Bouhorma, 2014) IoT digunakan untuk memantau kesehatan (*Healthcare Monitoring*) menggunakan *wireless sensor* yang terhubung dengan kriptografi sehingga mendapatkan informasi pasien seperti: psikologi pasien, tekanan darah, detak jantung (Megawati, 2021). Sedangkan bidang keamanan, menurut penelitian (Arafat, 2016) IoT digunakan sebagai sistem pengamanan pintu rumah menggunakan *solenoid lock* dan dapat digunakan sebagai pemantauan kondisi aktual rumah. Dalam bidang transportasi teknologi IoT menghadirkan GPS canggih untuk mobil yang dapat mendeteksi lokasi dan mengetahui kondisi arus lalu lintas (Megawati, 2021).

IoT berkembang luas ke seluruh daerah di Indonesia termasuk di Provinsi Aceh. Salah satu penerapan IoT di Provinsi Aceh ada di Kota Banda Aceh, yaitu sistem e-tilang, *smartlight*, dan *e-ticket* di *mall*. Tidak hanya dari sektor pemerintahan saja, sektor pertanian juga sudah mulai memanfaatkan IoT, misalnya pengusir hama di sawah (Wiguna, 2020), sistem monitoring suhu dan kelembaban pada penyimpanan gabah untuk menjaga kualitas beras (Reza dkk, 2021), sistem monitoring untuk pertumbuhan tanaman cabai (Nasrah dkk, 2022), dan sistem yang mengendalikan pelarutan nutrisi AB mix tanaman hidroponik di perumahan (Nurhadi dkk, 2022)

Perkembangan IoT berkembang pesat, maka dari itu penulis tertarik untuk mengimplementasikan IoT dari sektor pertanian untuk memonitoring tanaman hidroponik. Alat *monitoring* dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 WROOM-32U yang memiliki kelebihan sudah mempunyai *WiFi* dan *bluetooth* dan dapat mengambil sinyal lebih stabil. Pada penelitian ini menggunakan 5 sensor untuk membangun alat *monitoring*, yaitu sensor DHT22 untuk mengukur tingkat suhu dan kelembaban udara, sensor DS18B20 untuk mengukur suhu air, sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya, sensor *Total Dissolved Solids (TDS)* untuk mengukur nilai TDS air, sensor pH 4502C untuk mengukur derajat keasaman atau keasaman pada larutan (Syahrir dkk, 2020).

Implementasi alat *monitoring* dilakukan pada Program Studi (Prodi) Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Pada saat ini pengelolaan hidroponik masih dilakukan secara manual, seperti pemberian air dan zat nutrisi, pengecekan unsur-unsur suhu udara, suhu air, kelembaban udara, intensitas cahaya, pH air, dan nilai TDS air. Pemanfaatan perangkat IoT pada

tanaman hidroponik bertujuan agar lebih mudah untuk mengetahui nilai TDS air, intensitas cahaya, pH air, suhu air, suhu udara dan kelembaban udara secara *realtime* menggunakan *smartphone* maupun *web*.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menggunakan ESP32 WROOM-32U untuk *monitoring* tanaman hidroponik ?
2. Bagaimana menguji ESP32 WROOM-32U untuk *monitoring* tanaman hidroponik ?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah tersebut, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Menggunakan ESP32 WROOM-32U untuk memonitoring tanaman hidroponik.
2. Menguji ESP32 WROOM-32U dalam membaca kelembaban, suhu, intensitas cahaya, pH air, dan nilai TDS air pada tanaman hidroponik.

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan bermanfaat dalam hal :

1. Secara praktis, rancangan alat *monitoring* tanaman hidroponik menggunakan ESP32 WROOM-32U akan bermanfaat untuk memonitoring kelembaban, suhu, serta unsur-unsur pada tanaman hidroponik menggunakan *smartphone*.

2. Secara teoritis, penelitian ini akan menambah referensi dan pengetahuan tentang bagaimana merancang alat *monitoring* tanaman hidroponik menggunakan ESP32 WROOM-32U.
3. Secara kebijakan, dengan adanya alat *monitoring* tanaman hidroponik menggunakan ESP32 WROOM-32U diharapkan dapat mengganti metode pengecekan kelembaban, suhu, serta unsur-unsur pada tanaman hidroponik yang sebelumnya menggunakan metode konvensional berubah ke metode pengecekan digital.

I.5 Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem monitoring diimplementasikan pada tanaman hidroponik milik Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Alat *monitoring* menggunakan mikrokontroler ESP32 WROOM-32U.
3. *Arduino Cloud Remote* sebagai perangkat untuk memonitoring hidroponik pada *smartphone*.
4. Pemrograman alat dilakukan pada *web editor Arduino IOT Cloud*.
5. Ada 5 sensor yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :
 - a) Sensor DHT11 untuk mengukur tingkat kelembaban dan suhu.
 - b) Sensor DS18B20 untuk mengukur suhu pada air.
 - c) Sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya.
 - d) Sensor *Total Disolved Solids (TDS)* untuk mengukur nilai TDS dalam air.
 - e) Sensor pH4502C untuk mengukur derajat kebasaaan atau keasamaan pada larutan.

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Penelitian Terdahulu

Terkait dengan penelitian yang penulis lakukan dibutuhkan referensi atau penelitian terkait guna terhindar dari duplikasi dan *plagiarisme*. Penelitian terdahulu bertujuan sebagai bahan perbandingan dan patokan. Selain itu, untuk melihat perbedaan dengan penelitian ini, maka dalam landasan teori ini penulis mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu sebagai berikut :

Tabel II.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan
				Perbedaan
1	(Riski dkk., 2021)	<i>Alat Penjaga Kestabilan Suhu Pada Tumbuhan Jamur Tiram Putih Menggunakan Arduino UNO R3</i>	Keseluruhan sistem yang terdiri dari Arduino Uno, DHT11, <i>relay</i> , pompa air, <i>nozzel</i> dan penampil LCD 16x2 dapat bekerja dan berintegrasi dengan baik.	<ul style="list-style-type: none">• Perbedaan penelitian ini terletak pada jenis alat yang digunakan yaitu Arduino Uno jenis R3, sensor DHT22, <i>relay</i>, pompa air, FAN, <i>water pump motor DC</i>. Objek yang digunakan pada penelitian ini untuk menjaga kestabilan suhu pada tumbuhan jamur tiram putih.

Tabel II.1 - lanjutan 1

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan
				Perbedaan
2	(Denny dkk., 2022)	<i>Alat Ukur Karakteristik Tanah Berbasis IOT untuk Tanaman Pangan (Padi, Jagung, Kedele)</i>	Menggunakan metode <i>Fuzzy Multi-Criteria Decision Making (FMCDM)</i> . Kesimpulannya pada pengujian perangkat keras khususnya pada pengujian sensor pH tanah arduino menghasilkan tingkat kesalahan sebesar 18,24%.	<ul style="list-style-type: none"> • Persamaan penelitian ini terkait penggunaan sensor suhu air yaitu DS18B20. • Perbedaan penelitian ini terkait penggunaan mikrokontroler dengan menggunakan Wemos D1 R1 jenis ESP8266, sensor pH tanah, bahasa pemrograman C++, resistor 4700 Ohm, dan LCD 12C. Objek penelitian ini digunakan untuk mengukur karakteristik tanah untuk tanaman pangan.
3	(Fabiola, 2022)	<i>Internet of Things-Based Hydroponic System Monitoring Design</i>	<i>Monitoring</i> sistem hidroponik berbasis IOT berhasil melakukan pengiriman data sistem hidroponik ke <i>platform OVoRD</i> dan data yang terkirim berhasil ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik dalam <i>platform OVoRD</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Persamaan penelitian ini terkait objek yaitu hidroponik, menggunakan modul ESP32, sensor DHT22, sensor TDS meter, pH meter Perbedaan penelitian ini terletak pada penggunaan <i>platform</i> untuk mengatasi masalah manajemen IOT yaitu <i>OvoRD</i>.

Tabel II.1 - lanjutan 2

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan
				Perbedaan
4	(Thoriq., 2022)	<i>Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things</i>	<i>Monitoring</i> suhu dan kelembaban tanah berbasis <i>android</i> memiliki ketahanan baterai sebesar 10 jam 27 menit, akurasi sensor suhu tanah sebesar 98,05%, akurasi sensor kelembaban tanah sebesar 90,2%, akurasi suhu udara sebesar 98,3%, dan akurasi kelembaban udara sebesar 96,88%.	<ul style="list-style-type: none"> • Persamaan penelitian ini terkait penggunaan sensor DHT22. Perbedaan penelitian ini menggunakan mikrokontroler jenis NodeMCU ESP-32 Dev Kit V1.0, objek penelitian ini mengukur kelembaban tanah. Pemrograman alat menggunakan <i>software</i> Arduino IDE. Persamaan penelitian ini terkait dengan metode pengembangan sistemnya menggunakan metode <i>Research and Development (R&D)</i>. Objek yang digunakan penelitian ini untuk mengukur suhu dan kelembaban pada tanah .
5	(Ilamsyah dkk., 2022)	<i>Pemanfaatan Alat Pendeteksi Kelembaban Tanah dan Suhu Pohon Mangrove Berbasis IOT</i>	Menggunakan aplikasi <i>Blynk</i> sebagai perangkat untuk mengontrol ESP8266 langsung dari ponsel. Kesimpulannya Sistem terhubung dengan <i>relay</i> dan dapat digunakan untuk mengendalikan pompa air sebagai media penyiram tanaman untuk menjaga suhu dan kelembaban tanah.	<ul style="list-style-type: none"> • Persamaan penelitian ini terkait penggunaan sensor DHT22. Perbedaan penelitian ini terletak pada penggunaan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, <i>relay</i>, pemrograman menggunakan <i>software</i> Arduino IDE. Objek penelitian ini untuk mendeteksi kelembaban tanah dan suhu pohon <i>mangrove</i>.

Tabel II.1 - lanjutan 3

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan
				Perbedaan
7	(Hendrawati & Algifary., 2022)	<i>Pengembangan Sistem Kontrol dan Monitoring pada Irigasi Tanaman Cabe Berbasis Node Nirkabel dan Internet of Things (IOT) menggunakan Metode Fuzzy Logic</i>	Penelitian ini menggunakan metode <i>Fuzzy Logic</i> . Hasil kesimpulan dari penelitian ini adalah dari semua kriteria didapatkan 9 aturan atau <i>rule</i> yang diterapkan pada <i>prototype</i> alat. Hasil dari <i>rules</i> tersebut akan menampilkan <i>output</i> berupa durasi penyiraman diantaranya pendek, cukup dan lama.	<ul style="list-style-type: none"> • Persamaan dengan penelitian ini terkait penggunaan sensor suhu yaitu DS18B20. • Perbedaan penelitian ini terletak pada penggunaan mikrokontroler Arduino Nano Mega 2560, sensor kelembaban tanah YL-69, modul <i>WiFi</i> ESP8266. Metode yang digunakan adalah metode <i>Fuzzy Logic</i>. Pemrograman dilakukan pada <i>software</i> Arduino IDE. Objek penelitian ini kontrol dan <i>monitoring</i> tanaman cabe.
6	(Oka dkk., 2022)	<i>Model IOT Berbasis Fuzzy Tsukamoto Untuk Penyemprotan Pestisida Otomatis Pada Tanaman Sayur Kubis</i>	Penelitian ini menggunakan metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i> . Kesimpulan dari penelitian ini adalah Hasil pengujian metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i> juga sudah dapat bekerja dengan baik walaupun masih belum mencapai 100% tingkat kesempurnaannya.	<ul style="list-style-type: none"> • Persamaan terkait penggunaan sensor DHT22. • Perbedaan penelitian ini terletak pada penggunaan mikrokontroler NodeMCU ESP826, <i>raindrop sensor</i>, <i>relay 1 channel</i>, dan <i>buzzer</i>. Metode yang digunakan adalah metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i>. Objek penelitian ini untuk penyemprotan pestisida otomatis pada tanaman sayur kubis.

II.2 Landasan Teori

Adapun teori-teori yang mendukung penelitian ini antara lain sebagai berikut :

II.2.1 Hidroponik

Hidroponik merupakan konsep menanam dengan menggunakan air sebagai media utamanya. Hidroponik berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari *hydro* artinya air dan *ponos* artinya kerja. Hidroponik merupakan konsep yang memberi aliran nutrisi secara konstan dan menjadi genangan air di dalam pipa untuk akar tanaman (Afandi, 2020). Pada hidroponik diperlukan unsur-unsur pendukung agar tanaman dapat bertahan hidup, unsur-unsur tersebut antara lain sirkulasi air, suhu, kelembaban, intensitas cahaya yang cukup, tingkat keasaman (pH), serta nutrisi yang terkandung di dalam air. Konsep hidroponik inilah yang menjadikan solusi pertanian di perkotaan, karena tidak membutuhkan lahan tanah untuk budidaya tanaman (Doni dkk, 2012).

Menurut studi *Glasshouse Crops Research Institute Inggris*, konsep NFT (*Nutrient Film Technique System*) merupakan suatu metode budidaya tanaman dengan akar tanaman tumbuh pada lapisan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi sehingga tanaman dapat memperoleh cukup air, nutrisi, dan oksigen. Tanaman tumbuh dalam lapisan *polyethylene* dengan akar tanaman terendam dalam air yang berisi larutan nutrisi yang disirkulasikan secara terus-menerus. Nutrisi yang disediakan untuk tanaman diterima akar secara terus-menerus menggunakan pompa air yang ditempatkan pada penampung nutrisi yang disusun agar pengaliran menjadi efektif (Susilawati, 2019). Adapun kelebihan sistem NFT antara lain membuat aliran air dapat terpenuhi dengan mudah, stabil dan baik sehingga

memungkinkan akar tanaman untuk menyerap nutrisi lebih banyak sehingga terjadi fotosintesis yang lebih baik, masa tanam menjadi lebih singkat sehingga dapat melakukan penanaman lebih banyak, pengontrolan dan pemantauan kondisi nutrisi lebih mudah.

Prinsip kerja sistem NFT terjadi ketika larutan nutrisi dipompa dan mengalir akar tanaman, dengan tebal aliran/arus 2-3mm, bersirkulasi secara kontinu selama 24 jam pada talang dengan kemiringan 5%. Kecepatan aliran yang masuk berkisar antara 0,3-0,75 liter/menit saat pembukaan kran. Aliran boleh berhenti dengan batas waktu 10 menit dan setelah itu harus dialiri larutan lagi, karena akar tanaman tidak boleh kering (Susilawati, 2019).



Gambar II.1 Kebun Hidroponik Prodi Biologi

Air merupakan komponen yang paling dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Air bisa dikatakan unsur H_2 (*hidrogen*) yang berkaitan dengan unsur O_2 (*oksigen*) yang kemudian menghasilkan senyawa air (H_2O) (Susilawati, 2019). Fungsi air bagi tanaman, yaitu sebagai senyawa utama pembentuk protoplasma, sebagai senyawa pelarut mineral dari satu bagian sel ke

bagian sel lain, sebagai media terjadinya reaksi metabolik, sebagai penghasil hidrogen pada fotosintesis, mengatur mekanisme gerakan tanaman seperti membuka dan menutup stomata, berperan sebagai perpanjangan sel, sebagai bahan metabolisme dan produk akhir respirasi, serta digunakan dalam proses respirasi. Kualitas air dalam hidroponik dapat dibatasi pada konsentrasi ion spesifik dan zat fitotoksik yang relevan untuk nutrisi tanaman serta keberadaan organisme dan zat yang dapat menyumbat sistem irigasi (Susilawati, 2019). Berikut beberapa syarat utama untuk menjadi media tumbuh tanaman hidroponik:

1. Mineral dalam air harus stabil

Air sering mengandung mineral-mineral terlarut, dimana tidak seluruh mineral itu dapat bermanfaat. Di Indonesia, rata-rata air tanah mempunyai nilai mineral terlarut sebesar 150-250 ppm, sedangkan untuk air yang asalnya dari perusahaan daerah air minum (PDAM) mempunyai mineral di atas 250 ppm. Nilai mineral terlalu tinggi tidak cocok bagi media tumbuh tanaman hidroponik, sebab akan menghambat kualitas akar dalam menyerap nutrisi.

2. Nilai TDS

Nilai TDS yang dibutuhkan oleh tumbuhan hidroponik adalah air dengan kadar mineral 0-50 ppm. Tanaman akan dapat tumbuh dengan kadar mineral rendah, sebab akan berdampak terhadap nutrisi terlarut dan kemampuan akar dalam menyerap nutrisi tersebut. Semakin rendah nilai TDS terlarut didalam air (semakin mendekati nol) maka kualitas air itu akan semakin baik bagi tanaman hidroponik.

3. Kestabilan air mineral

Kestabilan air mineral untuk mendapatkan air dengan kadar mineral terlarut yang rendah dengan memanfaatkan teknologi filter air. Filter air dapat menyaring

mineral-mineral terlarut sampai dibawah 100 ppm. Bahkan, dapat dihasilkan air dengan kadar mineral dibawah 50 ppm atau mendekati nol.

4. Nilai pH air

Nilai pH air akan sangat berefek terhadap kemampuan akar tanaman dalam menyerap nutrisi. Hal ini berhubungan dengan kemampuan sel-sel akar tanaman dengan garam-garam mineral diluar tubuh tanaman (nutrisi). Biasanya, tanaman hidroponik menghendaki nilai pH optimal pada kisaran 5,5 – 7,5. Nilai pH diluar kisaran itu akan sangat menghambat kemampuan akar dalam menyerap nutrisi didalam larutan. Nilai pH dibawah 5 akan cenderung asam yang mengakibatkan rusaknya sel-sel akar tanaman. Begitu juga dengan pH diatas 7,5 akan cenderung bersifat basa yang dapat mencemari tanaman.

Dasar yang paling utama dari sistem hidroponik adalah kandungan unsur hara dalam air berupa larutan yang diberikan secara terus-menerus sebagai nutrisi. Nutrisi yang digunakan pada hidroponik sebagian besar anorganik dalam bentuk ion. Nutrisi utama tersebut diantaranya dalam bentuk kation terlarut (ion bermuatan positif), antara lain Ca^{2+} (*kalsium*), Mg^{2+} (*magnesium*), dan K^{+} (*kalium*). Kemudian larutan nutrisi utama dalam bentuk anion adalah NO_3^{-} (*nitrat*), SO_4^{2+} (*sulfat*), dan $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ (*dihidrogen fosfat*). Nutrisi tersebut akan berkaitan menjadi senyawa kompleks berupa garam-garam mineral membentuk formula yang akan digunakan dalam sistem hidroponik.

Sebagian besar formula tersebut menggunakan berbagai kombinasi bahan yang bisa digunakan sebagai unsur hara makro dan mikro. Adapun unsur hara makro dan mikro tersebut antara lain *Nitrogen (N)*, *Fosfor (P)*, *Kalium (K)*, *Magnesium (Mg)*, *Kalsium (Ca)*, *Sulfur (S)*, *Boron (B)*, *Tembaga (Cu)*, *Seng (Zn)*,

Besi (Fe), Molibdenum (Mo), Mangan (Mn), Klor (Cl), Natrium (Na), Kobal (Co), Silikon (Si), dan Nikel (Ni) (Susilawati, 2019). Berikut tabel kebutuhan nilai pH dan kualitas air pada tanaman sayuran daun (Tabel II.2) dan sayuran buah (Tabel II.3):

Tabel II.2 Nilai pH dan PPM Tanaman Sayur Daun (Susilawati, 2019)

Nama Tanaman Sayuran Daun	pH	PPM
Asparagus	6,0 - 6,8	980 – 1200
Bayam	6,0 – 7,0	1260 – 1610
Brokoli	6,0 -6,8	1960 – 2450
Kailan	5,5 – 6,5	1050 – 1400
Kangkung	5,5 – 6,5	1050 – 1400
Kubis	6,5 – 7,0	1750 – 2100
Kubis Bunga	6,5 – 7,0	1050 – 1400
Pakcoy	7,0	1050 – 1400
Sawi Manis	5,5 – 6,5	1050 – 1400
Sawi Pahit	6,0 – 6,5	840 – 1680
Seledri	6,5	1260 – 1680
Selada	6,0 – 7,0	560 - 840

Tabel II.3 Nilai pH dan PPM Tanaman Sayuran Buah (Susilawati, 2019)

Nama Tanaman Sayuran Buah	pH	PPM
Terong	6,0	1750 – 2450
Tomat	6,0 – 6,5	1400 – 3500
Cabe	6,0 – 6,5	1260 – 1540
Kacang Polong	6,0 – 7,0	980 – 1260
Okra	6,5	1400 – 1680
Timun	5,5	1190 – 1750
Timun Jepang	6,0	1260 - 1680

II.2.2 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep komunikasi antar perangkat dimana objek dapat mengirimkan data menggunakan jaringan (Riandhika, 2022). Tujuannya untuk mengontrol atau mengendalikan perangkat dari jarak jauh yang dapat dioperasikan melalui jaringan. IoT digunakan untuk membantu kehidupan sehari-hari sebagai *remote* kontrol pada perangkat yang berbeda tetapi masih dalam satu jaringan yang sama, mulai dari pertanian, peternakan, hingga ke pemerintahan (Atmul, 2022).

II.2.3 Modul ESP32 WROOM-32U

Modul ESP32 WROOM-32U merupakan sebuah mikrokontroler yang sudah tersedia *WiFi* dan *bluetooth* di dalam *chipnya*. Modul ini berfungsi untuk menghubungkan sensor-sensor ke aplikasi *smartphone* melalui *WiFi*. Modul ESP32 yang digunakan pada penelitian ini adalah ESP32 jenis WROOM-32U (Belay, 2022). Keunggulan dari modul ESP32 WROOM-32U ini adalah memiliki kecepatan yang lebih tinggi, memiliki antena sehingga lebih mudah dan kuat menemukan sinyal *WiFi*, 32 bit, penyimpanan memori yang lebih besar, telah terintegrasi *WiFi* dan *Bluetooth*, modul ini memiliki fitur yang hemat daya, serta dapat mengambil sinyal lebih baik (Belay, 2022). Sehingga modul ini sangat mendukung untuk digunakan pada pengembangan aplikasi IoT yang pada perangkat selular yang membutuhkan konektivitas stabil. Modul ESP32 WROOM-32U dapat dilihat pada gambar II.2.



Gambar II.2 ESP32 WROOM-32U (Hieu, 2023)

II.2.4 *Arduino IoT Cloud*

Arduino IoT Cloud merupakan sebuah *platform* Arduino yang dibuat untuk *project IoT*. Pada *platform* ini merupakan teknologi terbaru dari perusahaan Arduino yang sudah memanfaatkan *cloud* menyediakan program arduino serta dapat otomatis menambah variabel, *library*, program koneksi ke *WiFi*, dan sudah dapat menyesuaikan dengan mikrokontroler yang digunakan.

Arduino IoT Cloud memiliki *web editor* sendiri yang dapat menyimpan program otomatis ke *cloud*, memiliki *Arduino Cloud Remote* sebagai *dashboard* monitor program *IoT*, serta sudah menyediakan *library* yang dibutuhkan untuk *project IoT*. Kelebihan dari *Arduino IoT Cloud* adalah dapat digunakan secara *online* melalui *website* tanpa harus *download* aplikasinya dan *file* nya dapat tersimpan otomatis secara *cloud*. *Arduino IoT Cloud* dapat digunakan dalam berbagai bidang *IoT*, seperti pembacaan suhu, kelembaban, tekanan, dan lain sebagainya.

II.2.5 *Arduino Cloud Remote*

Arduino Cloud Remote merupakan aplikasi *smartphone* dan *web* yang digunakan untuk *Arduino IoT Cloud*. Aplikasi ini dapat mengontrol perangkat yang sudah diprogram pada *Arduino IoT Cloud*. Kelebihan *Arduino Cloud Remote* adalah mudah digunakan dalam mendesain *dashboard*, variabel ditambahkan otomatis ke *web editor*, mudah mengkonfigurasi *dashboard* dengan modul yang digunakan. Aplikasi ini dapat digunakan pada *Android, iOS, PC*, maupun *Laptop*.

II.2.6 **Sensor DHT22**

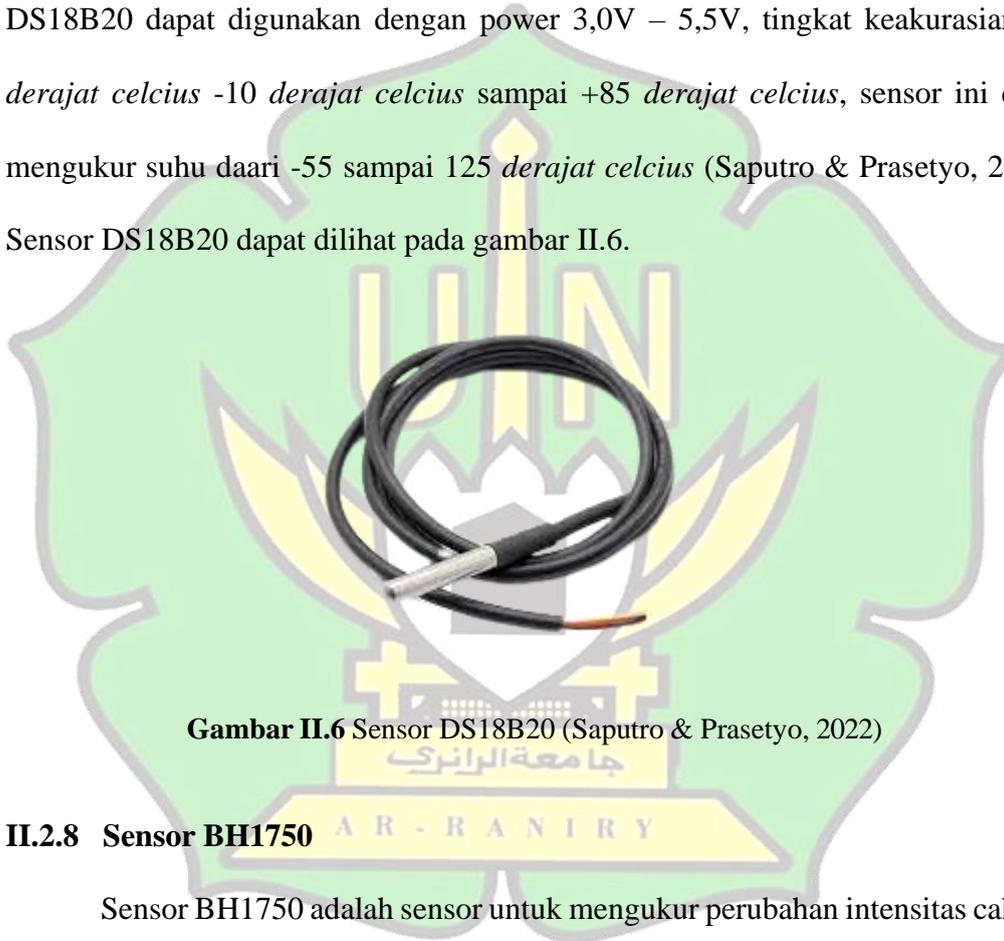
DHT22 adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara relatif. Sensor ini memiliki ketepatan yang tinggi untuk penggunaan jangka panjang. DHT22 memiliki akurasi yang lebih baik daripada DHT11 dengan galat relatif pengukuran suhu 4% dan kelembaban 18% (Atmul, 2022). DHT22 dapat mengukur suhu udara -40 - 80 derajat *Celsius* dengan akurasi kurang lebih 0,5 derajat *Celsius* dan kelembaban udara 0 - 100% dengan akurasi 2- 5%. *Inputan* tegangan 3V hingga 5V dan pengambilan data minimal 0.5 Hz (sekali setiap 2 detik) (Atmul, 2022). Sensor DHT22 memiliki 4 kaki pin, tetapi yang dipakai hanya 3 kaki pin diantaranya VCC (+) merupakan tegangan input 5V, GND (-) atau *Ground* merupakan tegangan negatif, dan data yang merupakan pin data *output serial*. Sensor DHT22 dapat dilihat pada gambar II.5.



Gambar II.5 Sensor DHT22 (Fabiola, 2022)

II.2.7 Sensor DS18B20

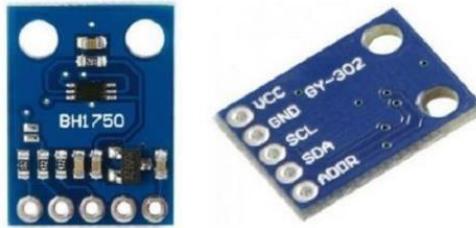
Sensor DS18B20 *waterproof* merupakan sensor yang dapat mengukur suhu pada air. Sensor ini memiliki keluaran digital sehingga tidak membutuhkan ADC, tingkat keakurasian serta kecepatan dalam mengukur suhu memiliki kestabilan yang lebih baik dari sensor suhu lainnya (Saputro & Prasetyo, 2022). Sensor DS18B20 dapat digunakan dengan power 3,0V – 5,5V, tingkat keakurasian 0,5 *derajat celcius* -10 *derajat celcius* sampai +85 *derajat celcius*, sensor ini dapat mengukur suhu daari -55 sampai 125 *derajat celcius* (Saputro & Prasetyo, 2022). Sensor DS18B20 dapat dilihat pada gambar II.6.



Gambar II.6 Sensor DS18B20 (Saputro & Prasetyo, 2022)

II.2.8 Sensor BH1750

Sensor BH1750 adalah sensor untuk mengukur perubahan intensitas cahaya. Satuan dari intensitas cahaya adalah *lux* (satuan luminositas turunan SI) (Khuriati, 2022). Sensor ini dapat mendeteksi cahaya yang cukup luas yaitu antara *range* 1 – 65535 *lux*. Dengan 1 *lux* berarti 1 ukuran kekuatan intensitas cahaya pada luas 1 *meter persegi* atau 1 *lux* = 1 Lm / m² (Suryana, 2021). *Lux* adalah satuan kecerahan yang terkena akibat adanya sumber cahaya (Kudadiri & Priyulida, 2021). Sensor BH1750 dapat dilihat pada gambar II.7.



Gambar II.7 Sensor BH1750 (Suryana, 2021)

II.2.9 Sensor TDS Meter (Total Disolved Solid)

Sensor TDS (*Total Disolved Solid*) merupakan sensor untuk mengukur konduktivitas dalam suatu larutan. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur kesadahan air yang ada pada larutan (Umar, 2022). Satuan yang digunakan sensor TDS ini adalah PPM (*Part Per Million*). Defenisi dari TDS sendiri adalah jumlah total partikel yang ada pada suatu cairan (Umar, 2022). Partikel tersebut memiliki kandungan logam, seperti besi, aluminium, tembaga, dan lain sebagainya. Sensor TDS memiliki tegangan sebesar 3,3V – 5,5V dengan *output analog* 0V – 2,3V yang kompatibel dengan mikrokontroller 5V atau 3,3V. Sensor TDS dapat digunakan untuk mendeteksi kualitas air yang digunakan dalam jangka waktu panjang (Adin, 2021). Sensor TDS dapat dilihat pada gambar II.8.



Gambar II.8 Sensor TDS (Chuzaini, 2022)

II.2.10 Sensor pH 4502C

Sensor pH 4502C merupakan alat ukur derajat kebasaaan dan keasaman (pH) pada suatu larutan. Sensor ini sangat baik digunakan untuk aplikasi pengukuran pH cairan dalam jangka panjang (Syahrir dkk, 2020). Sensor pH 4502C memiliki rentang tegangan analognya dari 0 – 3 Vdc dengan *inputan power supply* 3,3 – 5,5 Vdc (Belay, 2022).



Gambar II.9 Sensor pH 4502C (Chuzaini, 2022)

II.2.11 Modul *Breadboard Power Supply* MB102

Modul *Breadboard Power Supply* MB102 adalah modul *power supply* yang digunakan pada *project board* yang dapat menghantarkan tegangan *supply* DC sebesar 3,3V dan 5V (Chuzaini, 2022). Modul *Breadboard Power Supply* MB102 biasa digunakan pada rangkaian yang membutuhkan tegangan 5V. *Power supply* ini menggunakan adaptor sebagai sumber utamanya (Darmawan dkk, 2022).



Gambar II.10 *Breadboard Power Supply* MB102 (Chuzaini, 2022)

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian “Implementasi Arduino IOT Cloud Remote Pada Monitoring Tanaman Hidroponik Prodi Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh” dilaksanakan pada bulan Maret 2023 – Mei 2023. Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di kebun hidroponik Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry yang berlokasi di Kopelma Darussalam, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh.

III.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel III.1 Alat dan Bahan

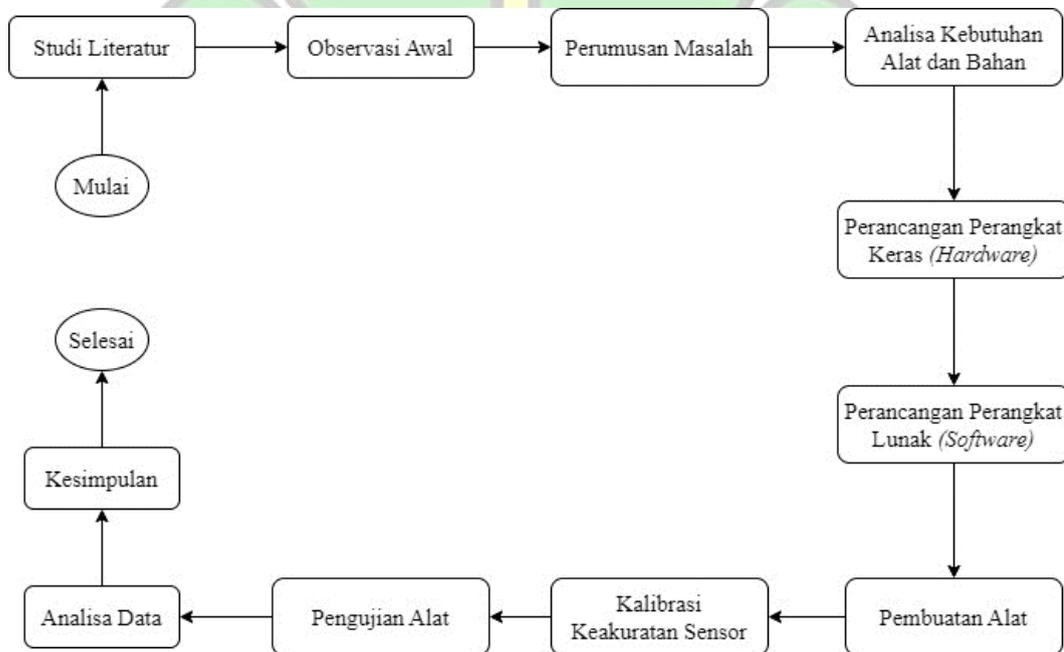
No	Kebutuhan <i>Hardware</i>	No	Kebutuhan <i>Software</i>
1	ESP32 WROOM 32U	1	<i>Arduino IOT Cloud</i>
2	<i>Breadboard Power Supply</i> MB102	2	<i>Arduino Cloud Remote</i>
3	<i>Breadboard Project</i>	3	<i>Arduino Create Agent</i>
4	Sensor DHT22		
5	Sensor DS18B20		
6	Sensor BH1750		
7	Sensor TDS		
8	Sensor pH 4502C		
9	Kabel <i>jumper male to male</i>		
10	Kabel <i>jumper female to female</i>		
11	Resistor 10K Ω		

Tabel III.1 – Lanjutan 1

No	Kebutuhan <i>Hardware</i>	No	Kebutuhan <i>Software</i>
12	Adaptor <i>power supply</i> 12V		
13	Antena <i>WiFi</i> 2,4 GHZ		
14	<i>Smartphone</i> <i>Android/IOS</i>		
15	Laptop		

III.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir untuk penelitian ini dituangkan pada gambar III.1



Gambar III.1 Kerangka Berpikir

III.4 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian ini alur atau tahapan penelitian terdiri dari tahap observasi awal, analisa kebutuhan alat dan bahan, perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), pembuatan alat, kalibrasi keakuratan sensor, analisa data, dan kesimpulan. Adapun uraian tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

III.4.1 Observasi Awal

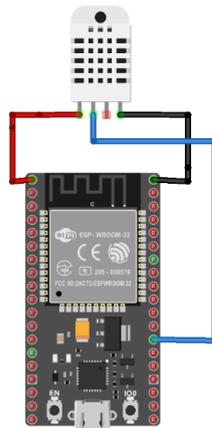
Pada tahap ini, penulis melakukan studi literatur dengan mencari landasan teori dari beberapa buku, jurnal, *internet*, *website*, dan penelitian tugas akhir yang sejenis dengan topik permasalahan yang penulis lakukan.

III.4.2 Analisa Kebutuhan Alat dan Bahan

Analisa kebutuhan alat dan bahan merupakan tahap yang paling utama dilakukan dalam perancangan suatu sistem. Pada tahapan ini terdiri dari gambaran dari sistem, batasan-batasan yang dilakukan sistem, menganalisa alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian.

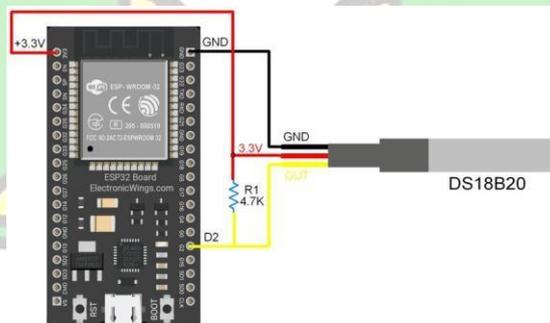
III.4.3 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada tahapan ini, dilakukan penggabungan antara komponen-komponen perangkat keras dengan sensor. Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah ESP32 WROOM-32U, *Breadboard Power Supply*, Sensor TDS, sensor pH 42502C, Sensor DHT22, Sensor DS18B20, Sensor BH1750 yang satu dengan lainnya akan dihubungkan dengan kabel jumper *male to female*. Pada proses perancangan perangkat keras merupakan proses menggabungkan sensor-sensor ke ESP32. Proses ini juga melalui tahap pemrograman agar perangkat kerasnya saling berhubungan dan dapat berjalan dengan baik. Secara keseluruhan perancangan perangkat keras (*hardware*) dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar III.2 Rangkaian Sensor DHT22

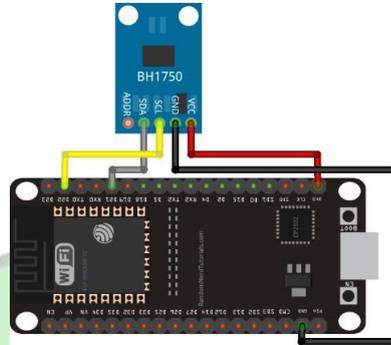
Pada gambar III.2 merupakan rangkaian sensor DHT22 atau sensor untuk mengukur suhu dan kelembaban. Pada modul sensor DHT22 terdapat 3 pin yaitu VCC (+), GND (-), dan *output* (data). Masing-masing pin pada sensor DHT22 akan dihubungkan ke pin ESP32, dengan koneksi VCC (+) dikoneksikan ke 3,3V, GND (-) di koneksikan ke GND, *output* (data) di koneksikan ke pin 27.



Gambar III.3 Rangkaian Sensor DS18B20

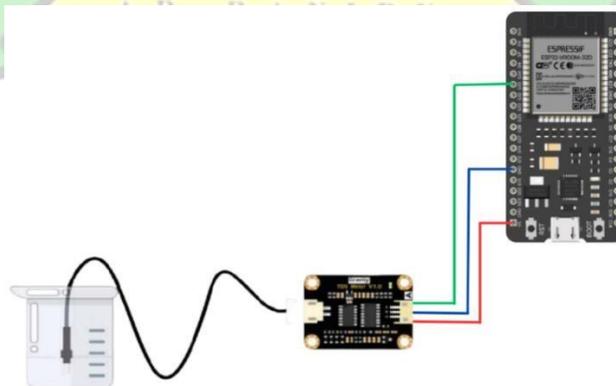
Pada gambar III.3 merupakan rangkaian sensor DS18B20 atau sensor untuk mengukur suhu air. Pada modul sensor DS18B20 terdapat 3 warna kabel yaitu merah (3,3V), hitam (GND) dan kuning (pin digital). Masing-masing pin pada sensor DS18B20 akan dihubungkan ke pin ESP32, dengan koneksi kabel merah

(5V), dikoneksikan ke 3,3V, kabel hitam (GND) di koneksikan ke GND, dan kabel kuning (pin digital) di koneksikan ke pin 32.



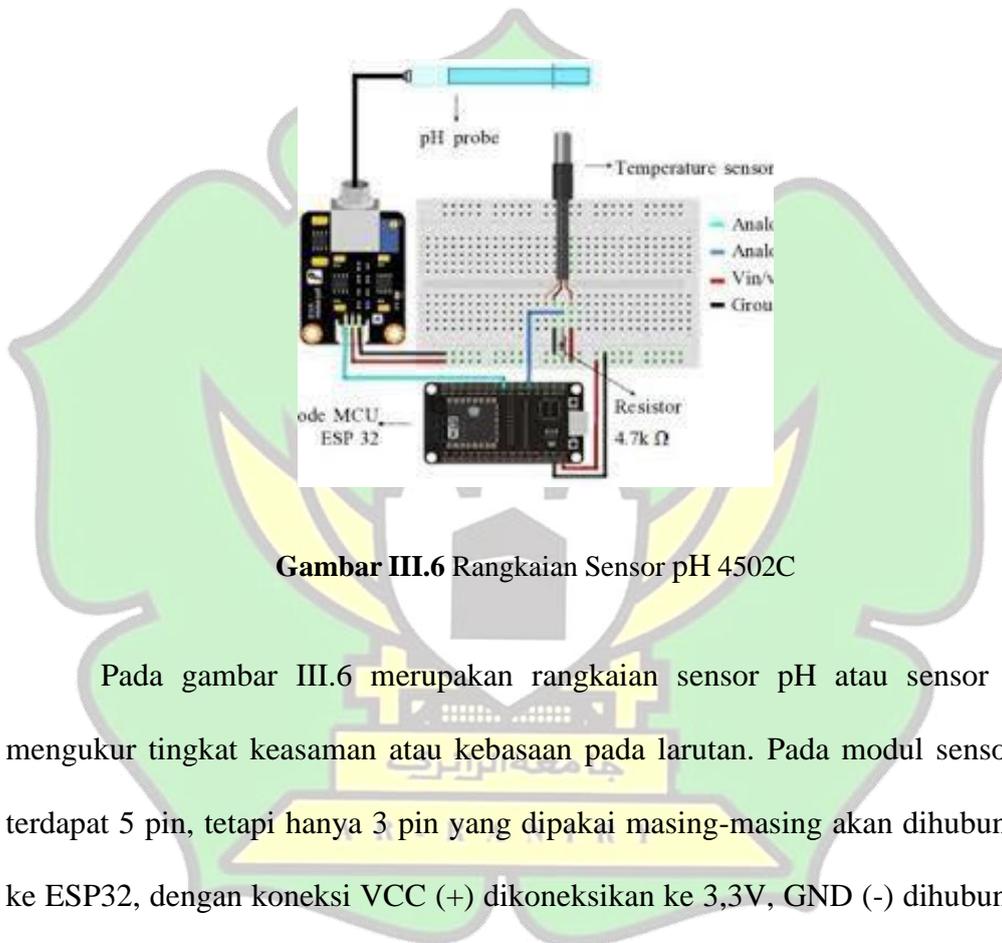
Gambar III.4 Rangkaian Sensor BH1750

Pada gambar III.4 merupakan rangkaian sensor BH1750 atau sensor yang mengukur intensitas cahaya. Pada modul sensor BH1750 terdapat 5 pin, tetapi pada kasus ini hanya 4 pin yang dipakai. Masing-masing pin pada sensor BH1750 akan dihubungkan ke pin ESP32, dengan koneksi VCC (+) dikoneksikan ke 3,3V, GND (-) di koneksikan ke GND, SCL dikoneksikan ke pin 22, SDA (data) dikoneksikan ke pin 21.



Gambar II.5 Rangkaian Sensor TDS

Pada gambar III.5 merupakan rangkaian sensor TDS atau sensor yang mengukur nutrisi air pada larutan. Pada modul sensor TDS terdapat 3 pin, masing-masing pin pada sensor TDS akan dihubungkan ke ESP32, dengan koneksi VCC (+) dikoneksikan ke 3,3V, GND (-) dikoneksikan ke GND, A (*analog data*) dikoneksikan ke pin 35.



Gambar III.6 Rangkaian Sensor pH 4502C

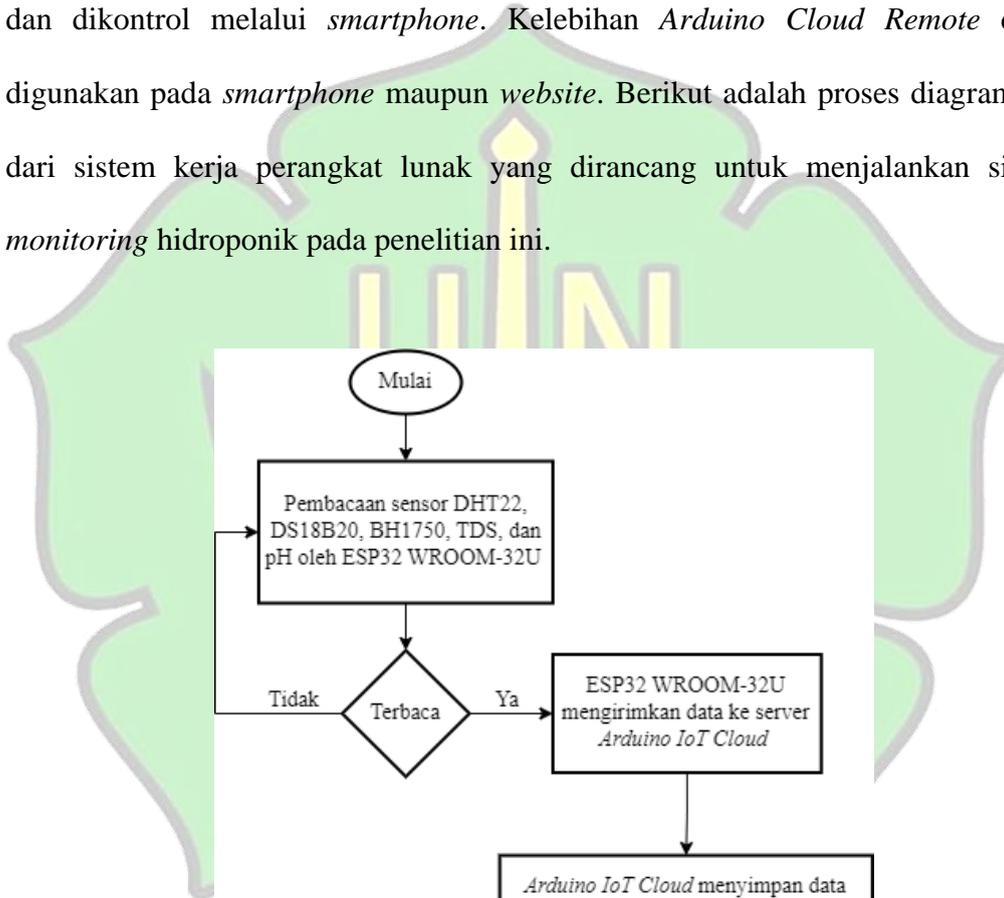
Pada gambar III.6 merupakan rangkaian sensor pH atau sensor yang mengukur tingkat keasaman atau kebasaan pada larutan. Pada modul sensor pH terdapat 5 pin, tetapi hanya 3 pin yang dipakai masing-masing akan dihubungkan ke ESP32, dengan koneksi VCC (+) dikoneksikan ke 3,3V, GND (-) dihubungkan ke GND, Po (data) dihubungkan ke pin 34.

III.4.4 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Proses perancangan perangkat lunak (*software*) pada penelitian ini menggunakan komponen perangkat lunak yang berfungsi memprogram sensor untuk membaca dan mengendalikan sensor agar berjalan dengan baik, proses ini menggunakan perangkat lunak *Arduino IoT Cloud*. *Arduino IoT Cloud* merupakan

update terbaru dari *Arduino IDE*. Kelebihan dari *Arduino IoT Cloud* adalah dapat digunakan secara *online* melalui *website* tanpa harus *mendownload* aplikasinya dan *file* nya dapat tersimpan otomatis secara *cloud*.

Setelah masing-masing sensor diprogram, hasilnya ditampilkan melalui aplikasi *Arduino Cloud Remote* agar alat yang sudah diprogram dapat terkoneksi dan dikontrol melalui *smartphone*. Kelebihan *Arduino Cloud Remote* dapat digunakan pada *smartphone* maupun *website*. Berikut adalah proses diagram alir dari sistem kerja perangkat lunak yang dirancang untuk menjalankan sistem *monitoring* hidroponik pada penelitian ini.



Gambar 3.7 Perancangan *Software*

III.4.5 Pembuatan Alat

Pada tahap ini merupakan tahap lanjutan dari tahap perancangan perangkat keras (*hardware*). Tahap ini penulis merangkai alat sesuai dengan perancangan yang sudah dibuat.

III.4.6 Kalibrasi Keakuratan Sensor

Pada tahap ini, kalibrasi keakuratan sensor berfungsi untuk menguji dan menganalisis keakuratan dan karakter sensor yang digunakan. Kalibrasi alat perlu dilakukan karena sensor yang digunakan merupakan alat yang sudah diproduksi dari pabrik, alangkah lebih baik penulis menguji kembali keakuratan sensor.

III.4.7 Pengujian Alat

Tahapan ini perlu dilakukan agar mengetahui kinerja hasil dari pembuatan alat dan pemrograman pada perangkat lunak berhasil dilakukan. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian keakuratan sensor, pengujian respon alat dalam menanggapi perintah yang sudah di program serta pengujian kesesuaian data sensor dari ESP32 ke aplikasi *Arduino Cloud Remote*.

III.4.8 Kesimpulan

Ini merupakan tahap terakhir pada alur tahapan penelitian, tahapan ini dilakukan penarikan kesimpulan setelah mendapatkan hasil dari kalibrasi keakuratan sensor dan pengujian alat secara keseluruhan.

III.5 Teknik Pengumpulan Data

Setelah tahap perancangan berhasil dilakukan, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data dan melakukan analisis data disetiap pengujian. Data dikumpulkan berasal dari alat pendeteksi antara alat manual dengan sensor. Indikator pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Kadar pH didalam air

Kadar pH yang diukur merupakan tingkat keasaman dan kebasaan dalam suatu cairan. Pengumpulan data diambil dari hasil pengukuran alat pH meter dan sensor pH.

2. Kadar kualitas air

Pengumpulan data dari kadar kualitas air diambil dari hasil pengukuran alat TDS meter dan sensor TDS. TDS meter merupakan alat untuk mengukur jumlah partikel yang terlarut pada suatu cairan, satuan TDS meter adalah *part per million (PPM)*.

3. Intensitas cahaya

Pengumpulan data dari intensitas cahaya diambil dari hasil pengukuran alat *luxmeter* dan sensor BHT1750, satuan intensitas cahaya adalah *candela (Cd)*.

4. Suhu Air

Pengumpulan data dari suhu udara diambil dari hasil pengukuran alat TDS meter dan sensor DHT22, satuan dari suhu adalah *derajat celcius (°C)*.

5. Suhu udara

Pengumpulan data dari suhu udara diambil dari hasil pengukuran alat *termometer* dan sensor DHT22, satuan dari suhu adalah *derajat celcius (°C)*.

6. Kelembaban udara

Pengumpulan data dari kelembaban udara diambil dari hasil pengukuran alat *hygrometer* dan sensor DHT22, satuan *hygrometer* adalah *persentase (%)*.

III.6 Teknik Pengujian

Setelah mendapatkan data, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian.. Adapun beberapa pengujian yang dilakukan antara lain pengujian keakuratan sensor, pengujian respon alat dalam menanggapi perintah yang sudah di program serta pengujian kesesuaian data sensor dari ESP32 ke aplikasi *Arduino Cloud Remote*. Untuk melihat persentase kesalahan pada sensor dapat melakukan perhitungan persentase *error* menggunakan rumus berikut :

$$\% Error = \frac{|x - x_1|}{x} \times 100\% \quad \text{Persamaan(3.1)}$$

(Chuzaini, 2022)

Dimana :

x = Data sebenarnya pada alat manual

x_1 = Data terukur pada sensor

$\% Error$ = Persentase kesalahan

Untuk melihat keakuratan sensor dapat melakukan perhitungan akurasi alat menggunakan rumus berikut :

$$akurasi\ alat = 100\% - \% error \quad \text{Persamaan(3.2)}$$

(Chuzaini, 2022)

Dimana :

$\% error$ = Persentase kesalahan

$akurasi\ alat$ = Keakuratan sensor

Hasil pengujian yang absah apabila hasil akurasi (ketepatan) alat yang diperoleh bernilai baik. Akurasi alat dinyatakan baik jika nilai akurasinya berada pada rentang 90-100% (Muryanto, 2020)

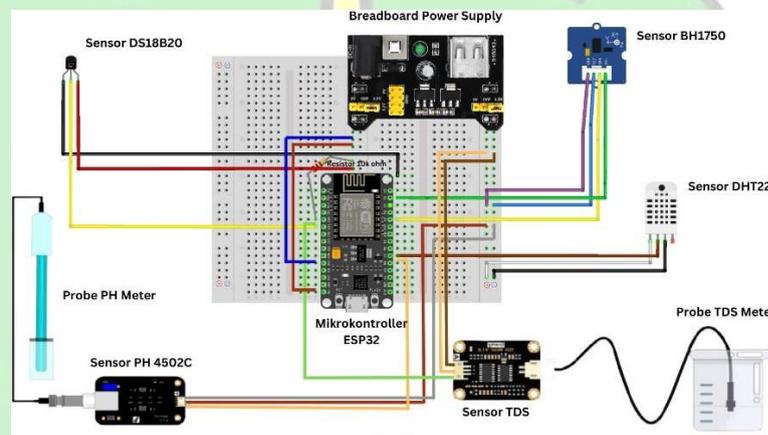
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil rancang bangun *hardware* dan *software* serta hasil pengujian kelima sensor.

IV.1 Hasil Rancang Bangun Perangkat Keras (*Hardware*)

Implementasi akhir perangkat keras alat monitoring tanaman hidroponik dapat dilihat pada gambar IV.1.



Gambar IV.1 Rangkaian Perangkat Keras (*Hardware*)

Rancangan perangkat keras yang telah diimplementasikan terdiri dari 6 bagian :

1. ESP32 WROOM-32U sebagai mikrokontroler yang sudah dilengkapi *WiFi* dan *Bluetooth* digunakan sebagai pusat kendali sistem.
2. Rangkaian sensor DHT22 yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara.
3. Rangkaian sensor DS18B20 dan resistor 10 K Ω yang digunakan untuk mengukur suhu pada air.

4. Rangkaian sensor BH1750 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya pada kebun hidroponik.
5. Rangkaian sensor TDS digunakan untuk mendeteksi jumlah partikel zat terlarut dalam air.
6. Rangkaian sensor pH 4502C yang digunakan untuk mengukur tingkat asam dan basa pada air.

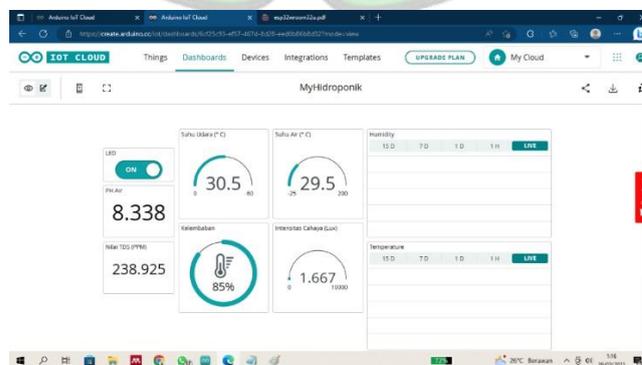
IV2 Hasil Rancang Bangun Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan *software* berfungsi sebagai *output* yang dapat dilihat oleh pengguna dan berfungsi juga sebagai perintah untuk menentukan kerja dari masing-masing sensor. Ada 7 proses yang terdapat dalam program ini, yaitu :

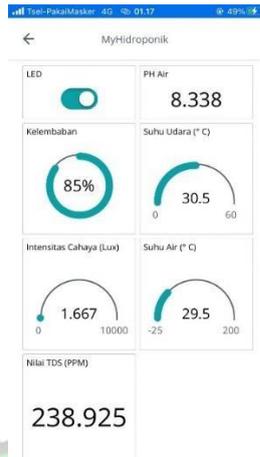
1. Setiap sensor telah diprogram sesuai fungsinya masing-masing melalui *text editor Arduino IOT Cloud* dan disimpan pada memori ESP32 WROOM-32U untuk mengirimkan data sensor ke server *Arduino IOT Cloud*.
2. *Power supply* dihubungkan ke sumber listrik agar memberikan tegangan listrik ke mikrokontroler yang membuat masing-masing sensor menyala.
3. Pembacaan sensor DHT22 dapat membaca suhu dan kelembaban sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud* maupun aplikasi *Arduino Cloud Remote*.
4. Pembacaan sensor DS18B20 dapat membaca suhu pada *probe* sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud* maupun aplikasi *Arduino Cloud Remote*.

5. Pembacaan sensor BH1750 dapat membaca intensitas cahaya sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud* maupun aplikasi *Arduino Cloud Remote*.
6. Pembacaan sensor TDS yang sebelumnya sudah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk menentukan tingkat akurasi yang sesuai dengan alat ukur TDS Meter dan dilakukan sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud* maupun aplikasi *Arduino Cloud Remote*.
7. Pembacaan sensor pH 4502C yang sebelumnya sudah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk menentukan tingkat akurasi yang sesuai dengan alat ukur pH Meter dan dilakukan sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud* maupun aplikasi *Arduino Cloud Remote*.

Hasil rancangan perangkat lunak (*software*) alat *monitoring* tanaman hidroponik pada *dashboard web Arduino IoT Cloud* dan tampilan pada aplikasi *Arduino Cloud Remote* dapat dilihat pada gambar IV.2



Gambar IV.2 Dashboard *Arduino IoT Cloud*



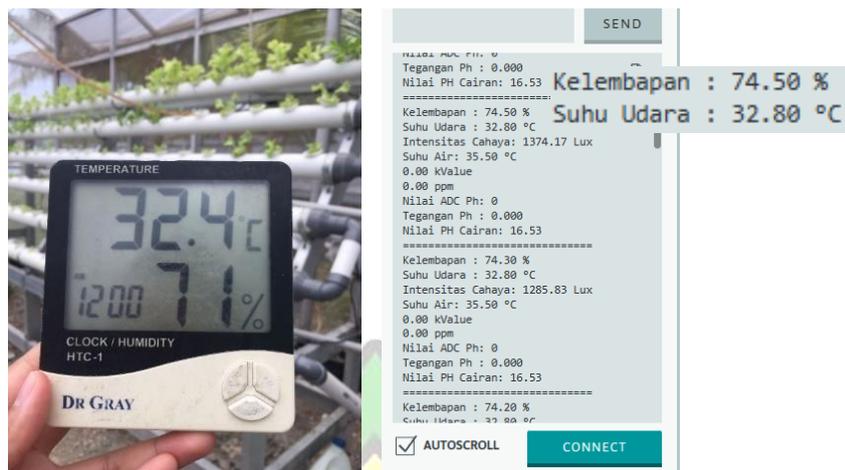
Gambar IV.3 *Dashboard Arduino Cloud Remote*

IV3 Hasil Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor

Setelah berhasil merancang dan membangun sistem *monitoring* tanaman hidroponik, proses selanjutnya melakukan uji kalibrasi sensor terhadap sampel. Uji kalibrasi ini menggunakan alat ukur berstandar nasional seperti pH meter, TDS meter, *termometer*, *luxmeter* untuk dikalibrasikan dengan sensor pH 4502C, TDS, DHT22, DS18B20, dan BH1750.

IV31 Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor DHT22

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan sensor DHT22 terhadap suhu dan kelembapan udara pada kebun hidroponik. Data suhu yang diambil sudah dikonversi kedalam derajat *celcius* (°C) dan data kelembapan dikonversi kedalam bentuk *persen* (%) sesuai dengan satuan besaran suhu dan kelembapan. Sensor DHT22 diintegrasikan ke ESP32 WROOM-32U untuk menampilkan nilai analog melalui *serial monitor* pada *Arduino IoT Cloud*. Kalibrasi sensor DHT22 dapat dilihat pada gambar IV.4.



Gambar IV.4 Kalibrasi Sensor DHT22

Pada Gambar IV.4 penulis membandingkan nilai suhu dan kelembapan udara dari sensor DHT22 dengan alat ukur termometer yang mempunyai pembacaan suhu berstandar nasional pada alatnya. Selanjutnya penulis melakukan percobaan sebanyak sepuluh kali untuk mengetahui rata-rata sensor DHT22 dengan durasi waktu sensor stabil 10 detik disetiap percobaan. Adapun hasil pengujian kalibrasi sebagai berikut :

Tabel IV.1 Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DHT22 (Suhu)

No	Durasi Waktu Kestabilan	Suhu Udara (°C)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	32,4	32,60	0,61
2		32,4	32,60	0,61
3		32,4	32,60	0,61
4		32,3	32,60	0,92
5		32,4	32,70	0,92
6		32,4	32,70	0,92
7		32,4	32,80	1,23

8	32,4	32,70	0,92
9	32,3	32,60	0,92
10	32,3	32,60	0,92
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)			0,76
Akurasi Alat (100 % - Persentase Kesalahan)			99,24

Tabel IV.2 Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DHT22 (Kelembapan)

No	Durasi Waktu Kestabilan	Kelembapan (%)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur (Suhu)	Sensor	
1	10 detik	71	72,20	1,69
2		71	72,50	2,11
3		71	72,20	1,69
4		71	72,40	1,97
5		71	72,10	1,54
6		71	72,50	2,11
7		71	72,20	1,69
8		71	72,80	2,53
9		71	71,00	0
10		71	71,00	0
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				1,53
Akurasi Alat (100 % - Persentase Kesalahan)				98,47

IV.32 Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor DS18B20

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon terhadap sensor DS18B20 terhadap suhu air di kebun hidroponik. Data suhu yang diambil sudah dikonversi ke dalam *derajat celcius* ($^{\circ}C$) sesuai dengan satuan besaran suhu. Sensor DS18B20 diintegrasikan dengan ESP32 WROOM-32U untuk menampilkan nilai *analog*

melalui *serial monitor* pada *Arduino IoT Cloud*. Pengujian sensor DS18B20 dapat dilihat pada gambar IV.5.



Gambar IV.5 Kalibrasi Sensor DS18B20

Pada gambar IV.5 penulis membandingkan nilai suhu air dari sensor DS18B20 dengan alat ukur termometer yang mempunyai pembacaan suhu berstandar nasional. Percobaan dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan durasi waktu sensor 10 detik untuk mengetahui rata-rata sensor DS18B20. Adapun hasil pengujian kalibrasi sebagai berikut :

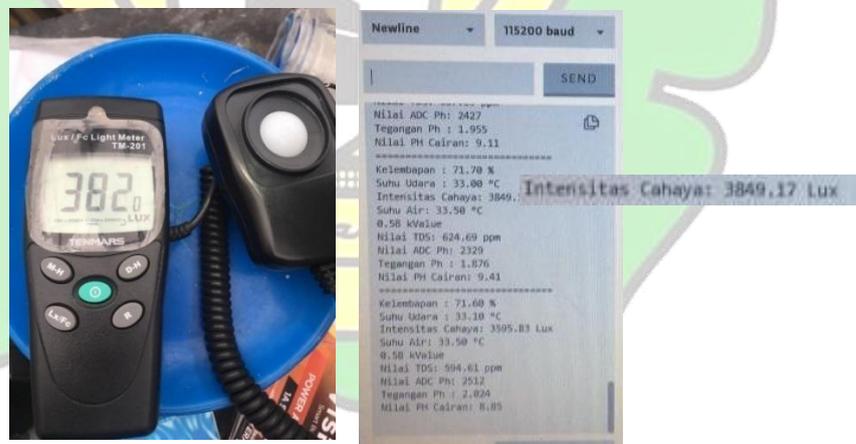
Tabel IV.3 Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DS18B20

No	Durasi Waktu Kestabilan	Suhu Air (°C)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	32,4	30,50	5,86
2		32,4	30,50	5,86
3		32,4	31,00	4,32
4		32,4	30,50	5,86
5		32,4	30,50	5,86
6		32,4	30,50	5,86
7		32,4	31,00	4,32

8	32,4	31,00	4,32
9	32,4	31,00	4,32
10	32,4	31,00	4,32
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)			5,09
Akurasi Alat (100 % - Persentase Kesalahan)			94,91

IV.33 Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor BH1750

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon sensor BH1750 terhadap intensitas cahaya di kebun hidroponik. Data sensor cahaya yang diambil dikonversi dalam satuan *lux* sesuai dengan satuan besaran intensitas cahaya. Sensor BH1750 diintegrasikan dengan ESP32 WROOM-32U untuk menampilkan nilai *analog* melalui *serial monitor* pada *Arduino IoT Cloud*. Pengujian sensor BH1750 dapat dilihat pada gambar IV.6.



Gambar IV.6 Kalibrasi Sensor BH1750

Pada gambar IV.6 penulis membandingkan nilai intensitas cahaya dari sensor BH1750 dengan alat ukur *luxmeter* yang mempunyai pembacaan intensitas

cahaya berstandar nasional pada alatnya. Selanjutnya penulis melakukan percobaan sebanyak sepuluh kali untuk mengetahui rata-rata sensor BH1750 dengan durasi waktu sensor stabil 10 detik disetiap percobaan. Adapun hasil pengujian kalibrasi sebagai berikut :

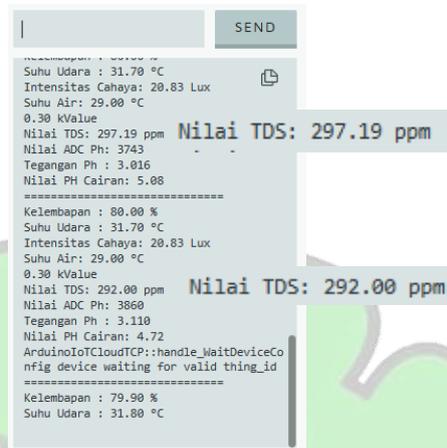
Tabel IV.4 Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor BH1750

No	Durasi Waktu Kestabilan	Intensitas Cahaya (<i>lux</i>)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	4900	4874,15	0,52
2		4870	4709,17	3,30
3		4880	4697,17	3,74
4		4870	4667,50	4,15
5		4830	4465,00	7,55
6		4820	4479,17	7,07
7		4510	4593,33	1,84
8		4440	4344,17	2,15
9		4430	4210,00	4,96
10		4420	4344,17	1,71
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				3,69
Akurasi Alat (100 % - Persentase Kesalahan)				96,31

IV.34 Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor TDS

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan sensor TDS terhadap perubahan partikel di dalam air. Data yang diambil berupa nilai tegangan sensor (*voltage*) terhadap TDS dengan satuan PPM. Sensor TDS diintegrasikan dengan ESP32 WROOM-32U untuk menampilkan nilai analog dan tegangan sensor

melalui *serial monitor* pada *Arduino IoT Cloud*. Pengambilan data dimulai dari 0 PPM – 809 PPM. Pengujian sensor TDS dapat dilihat pada gambar IV.7.



Gambar IV.7 Kalibrasi Sensor TDS

Pada Gambar IV.7 penulis membandingkan nilai PPM dari sensor TDS dengan alat ukur TDS meter nasional. Percobaan dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan durasi waktu sensor stabil 10 detik. Adapun hasil pengujian kalibrasi sebagai berikut :

Tabel IV.5 Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor TDS

No	Durasi Waktu Kestabilan	A R - R Alat Ukur	TDS (PPM) Sensor	Kesalahan Error Alat (%)
1	10 detik	292,1	297,19	1,74
2		292,1	298,74	2,27
3		292,1	293,72	0,55
4		292,1	292,19	0,03
5		292,1	291,62	0,16
6		292,1	292,38	0,09
7		292,1	292,00	0,03
8		292,1	292,19	0,03

9	292,1	292,38	0,09
10	292,1	292,00	0,03
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)			0,49
Akurasi Alat (100 % - Persentase Kesalahan)			99,51

IV35 Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor pH 4502C

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon terhadap sensor pH terhadap perubahan pH pada air. Respon dari sensor yang dapat dibaca adalah nilai tegangan sensor (*voltage*) terhadap pH. Sensor pH dihubungkan dengan ESP32 WROOM-32U untuk menampilkan nilai analog dengan tegangan dari sensor melalui *serial monitor* yang terdapat pada *Arduino IoT Cloud*. Dalam pengujian penulis menggunakan serbuk *buffer* pH 4 dan pH sebagai acuan kalibrasinya. Uji kalibrasi sensor PH4502C dapat dilihat pada gambar IV.8, gambar IV.9, dan gambar IV.10.



Gambar IV.8 Uji Kalibrasi dengan *Buffer* pH 7

Gambar IV.8 merupakan uji kalibrasi sensor pH 4502C dengan *buffer* pH 7 untuk mendapatkan hasil tegangan. Hasil tegangan *buffer* pH 7 yang terbaca pada sensor adalah 2,43. Kemudian hasil tegangan tersebut dikonfigurasi dan disimpan ke dalam program sehingga menghasilkan pH 7,27.



Gambar IV.9 Uji Kalibrasi dengan *Buffer* pH 4

Gambar IV.9 merupakan uji kalibrasi sensor pH 4502C dengan *buffer* pH 4 untuk mendapatkan hasil tegangan. Hasil tegangan *buffer* pH 4 yang terbaca pada sensor adalah 3,29. Kemudian hasil tegangan tersebut dikonfigurasi dan disimpan ke dalam program sehingga menghasilkan nilai pH 4,00.



Gambar IV.10 Uji Kalibrasi dengan Air Hidroponik

Gambar IV.10 merupakan uji kalibrasi sensor pH 4502C dengan air hidroponik untuk mendapatkan hasil tegangan. Hasil tegangan air hidroponik yang terbaca pada sensor adalah 1,95 dan 1,87. Kemudian hasil tegangan tersebut dikonfigurasi dan disimpan ke dalam program, sehingga menghasilkan nilai pH 9,11 dan 9,41.

Tabel IV.6 Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor pH 4502C

No	Durasi Waktu Kestabilan	Tegangan (V)	Ph		Kesalahan Error Alat (%)
			Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	2,01	9,36	8,90	4,91
2		2,00	9,33	9,00	3,53
3		2,00	9,25	9,00	2,70
4		1,88	9,28	9,20	0,86
5		1,88	9,24	9,20	0,43
6		1,96	9,27	9,10	1,83
7		1,95	9,20	9,11	0,97
8		1,95	9,21	9,11	1,08
9		1,88	9,21	9,20	0,10
10		1,88	9,20	9,20	0,00
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)					1,64
Akurasi Alat (100 % - Persentase Kesalahan)					98,36

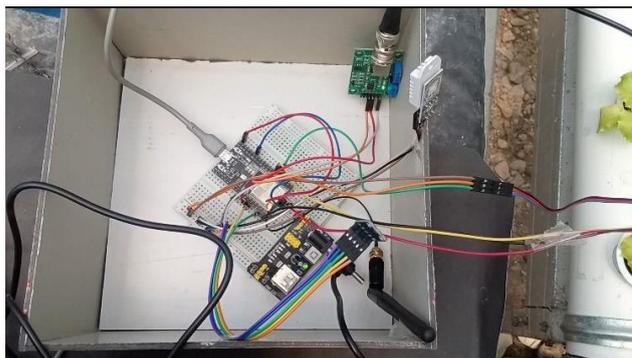
IV4 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kesesuaian alat bekerja sudah sesuai dengan program yang ditentukan. Terdapat 6 parameter yang diperhatikan dalam pengujian ini, yaitu: pengujian terhadap sensor DHT22 dalam mengukur suhu udara, pengujian sensor DHT22 dalam mengukur kelembapan udara, pengujian sensor DS18B20 dalam mengukur suhu air, pengujian sensor BH1750 dalam mengukur intensitas cahaya, pengujian sensor TDS dalam mengukur nilai TDS air, dan pengujian sensor pH 4502C dalam mengukur pH air.



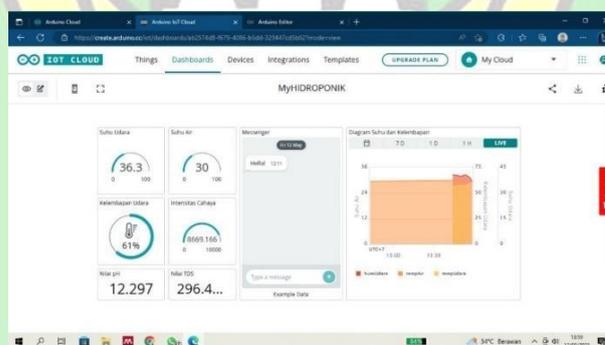
Gambar IV.11 Pengaplikasian Alat ke Hidroponik

Sensor DS18B20, sensor pH 4502C, dan sensor TDS diletakkan didalam pipa hidroponik, sensor tersebut aman dan harus dimasukkan ke dalam air agar berfungsi dengan baik.



Gambar IV.12 Alat yang sudah dirangkai

Sensor DHT22, sensor BH1750 dan mikrokontroller yang sudah dirangkai diletakkan pada suatu wadah agar terlindungi dari air. Ketika alat tersambung dengan *WiFi* maka sensor akan bekerja sesuai kode program dan mengirimkan data ke server *Arduino IoT Cloud*. Berikut gambar IV.13 dan IV.14 tampilan *dashboard web* maupun *mobile*, ketika alat sudah tersambung dengan *WiFi*.



Gambar IV.13 Dashboard *Arduino IoT Cloud*

Dashboard Arduino IoT Cloud pada *web* menampilkan suhu udara, suhu air, kelembapan udara, pH Air, intensitas cahaya, nilai TDS, dan grafik dari suhu dan kelembapan air dan udara.



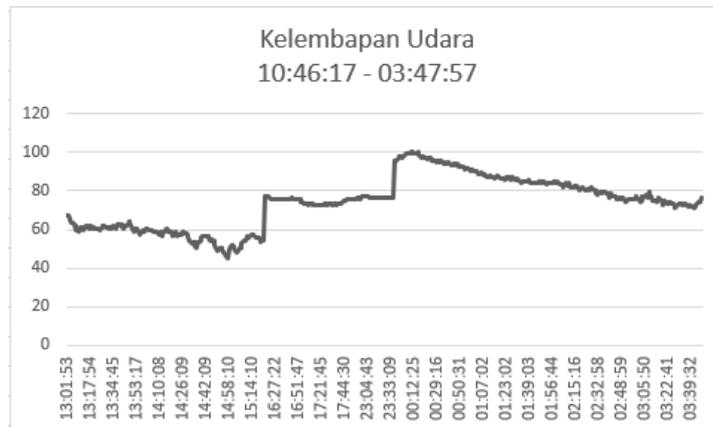
Gambar IV.14 *Dashboard Arduino Cloud Remote*

Dashboard Arduino Cloud Remote pada web menampilkan suhu udara, suhu air, kelembapan udara, pH Air, intensitas cahaya, nilai TDS, dan grafik dari suhu dan kelembapan air dan udara.

IV5 Pengambilan Data

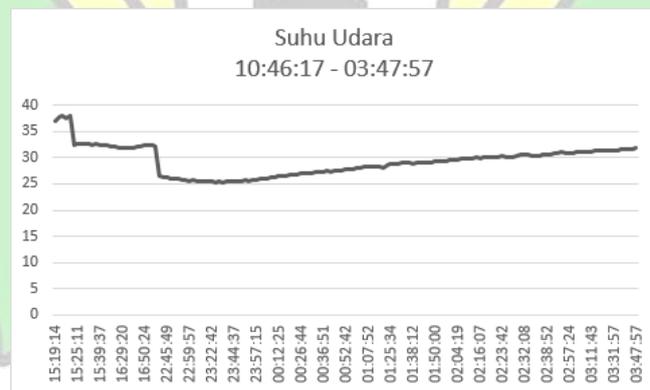
Data yang diambil merupakan pembacaan sensor DHT22, sensor DS18B20, sensor BH1750, sensor TDS, dan sensor pH 4502C. Data tersebut diperoleh dari server *Arduino IoT Cloud* yang sebelumnya dikirim oleh mikrokontroler ESP32 WROOM-32U. Dengan fitur yang ada pada *Arduino IoT Cloud*, penulis dapat melakukan *download* data. format yang diperoleh berbentuk *file CSV (Comma Separated Values)*. Penulis menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* untuk mengkonversi data menjadi *real* dalam bentuk grafik.

Data pengujian diambil dari *history* data *Arduino IoT Cloud* di tanggal 12 Mei 2023 – 13 Mei 2023 pukul 10:46:17 – 03:47:57. Berikut hasil pengujian dipaparkan dalam bentuk grafik kurva :



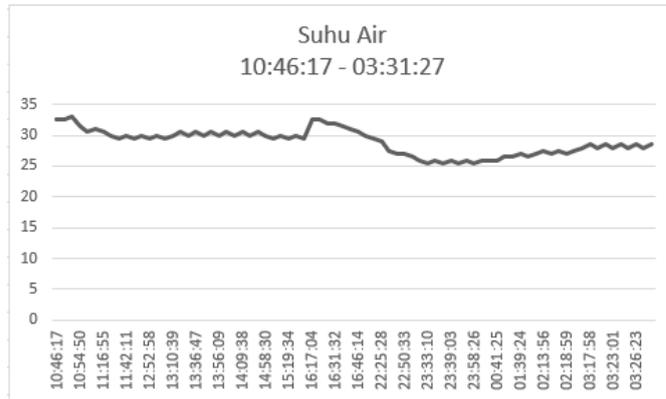
Grafik IV.1 Data Kelembapan Udara

Grafik IV.1 memperlihatkan data grafik kelembapan udara naik turun. Semakin malam kelembapan udara semakin tinggi, hal tersebut disebabkan karena suhu udara menurun. Ini membuktikan sensor DHT22 dalam mengukur kelembapan udara berfungsi dengan baik.



Grafik IV.2 Data Suhu Udara

Grafik IV.2 memperlihatkan data grafik suhu udara naik turun. Semakin malam suhu udara semakin rendah, berbanding terbalik dengan kelembapan udara. Ini membuktikan sensor DHT22 dalam mengukur suhu udara berfungsi dengan baik.



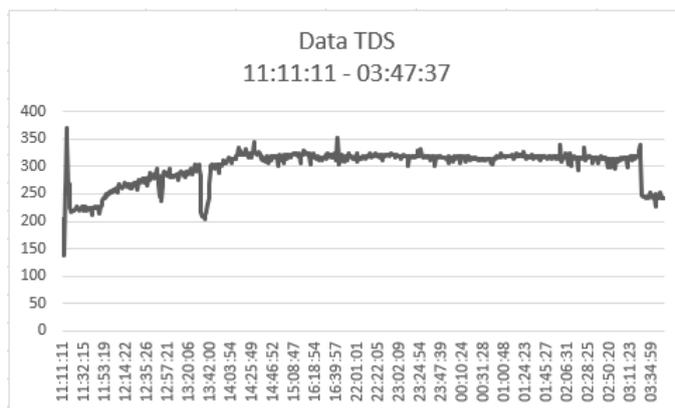
Grafik IV.3 Data Suhu Air

Grafik IV.3 memperlihatkan data grafik suhu air naik turun . Semakin malam suhu air juga semakin rendah. Ini membuktikan sensor DS18B20 dalam mengukur suhu air berfungsi dengan baik.



Grafik IV.4 Data Intensitas Cahaya

Grafik IV.4 memperlihatkan data grafik intensitas cahaya mengalami lonjakan naik turun yang signifikan. Intensitas cahaya pada malam hari juga dipengaruhi lampu disekitar kebun hidroponik, oleh karena itu nilai intensitas cahaya tidak sampai 0. Ini membuktikan sensor BH1750 dalam mengukur intensitas cahaya berfungsi dengan baik.



Grafik IV.5 Data Nilai TDS

Grafik IV.5 memperlihatkan data grafik nilai TDS mengalami lonjakan naik turun yang lumayan signifikan. Untuk memperoleh nilai TDS perlu dilakukan kalibrasi dahulu dengan mengaturnya lewat *serial monitor*. Setelah dilakukan kalibrasi, maka nilai TDS akan otomatis muncul pada *dashboard*. Ini membuktikan sensor TDS dalam mengukur intensitas cahaya berfungsi dengan baik.



Grafik IV.6 Data Nilai pH Air

Grafik IV.6 memperlihatkan data grafik nilai pH air mengalami lonjakan naik turun yang signifikan. Nilai pH otomatis akan terbaca setelah *probe* dimasukkan kedalam air. Sensor pH sebelumnya sudah dikalibrasi dan cara komunikasi sensor pH dengan mikrokontroller adalah dengan mengirimkan sinyal tegangan yang sebelumnya sudah disimpan didalam program. Ini membuktikan sensor pH 4502C dalam mengukur intensitas cahaya berfungsi dengan baik.

Hasil penelitian ini memiliki akurasi alat baik dengan rentang nilai masing-masing sensor 94,91% - 99,24%. Sensor DHT22 untuk suhu memiliki akurasi 99,24% sedangkan kelembapan 98,47%, sensor DS18B20 dengan akurasi 94,91%, sensor BH1750 dengan akurasi 96,31%, sensor TDS dengan akurasi 99,51%, dan sensor pH 4502C dengan akurasi 98,38% . Jika dihitung nilai rata-ratanya, akurasi alat terhadap keseluruhan sistem menghasilkan nilai sebesar 97,80%

Dengan demikian, diperoleh perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian terdahulu, yaitu hasil penelitian oleh (Fabiola, 2022) yang menghasilkan nilai kesalahan error sebesar 28% dan pengiriman data *monitoring* sistem hidroponik berhasil ditampilkan dalam bentuk grafik pada *platform OvoRD*. Kemudian, perbandingan dengan hasil penelitian (Ahmad, 2022) yang menyatakan bahwa kinerja sistem monitoring suhu dan kelembapan tanah memiliki ketahanan 10 jam 27 menit, dengan akurasi suhu tanah sebesar 98,05%, akurasi sensor kelembapan tanah sebesar 90,2%, akurasi suhu udara sebesar 98,3%, dan akurasi kelembapan udara sebesar 96,88%. Selanjutnya, perbandingan dengan hasil penelitian (Denny, 2022) dalam mengukur karakteristik tanah menggunakan sensor DS18B20 dan sensor pH tanah menghasilkan tingkat kesalahan error untuk keseluruhan sensor sebesar 18,24%. Kemudian, perbandingan dengan hasil penelitian (Rustan, 2021) dalam memantau hidroponik menggunakan logika fuzzy menghasilkan akurasi alat terhadap sistem sebesar 98,16 %.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat monitoring menggunakan ESP32 WROOM-32U dapat berjalan dengan baik sesuai fungsinya dan memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan rentang nilai 94,91% - 99,24%. Sensor DHT22 untuk suhu memiliki akurasi 99,24% sedangkan kelembapan 98,47%, sensor DS18B20 dengan akurasi 94,91%, sensor BH1750 dengan akurasi 96,31%, sensor TDS dengan akurasi 99,51%, dan sensor pH 4502C dengan akurasi 98,38% . Jika dihitung nilai rata-ratanya, akurasi alat terhadap keseluruhan sistem menghasilkan nilai sebesar 97,80%. WROOM-32U berhasil membaca kelima sensor, mengirimkan data sensor, dan menampilkannya di *dashboard web* dan di aplikasi *Arduino Cloud Remote* untuk *smartphone Android/IOS*.

V2 Saran

Untuk mengembangkan alat monitoring tanaman hidroponik ini pada penelitian selanjutnya. Saran yang dapat dimasukkan antara lain:

1. Untuk sensor pH 4502C, agar dibuatkan pengaturan waktu untuk pembacaan pH agar menjadi stabil.
2. Untuk sensor TDS, agar ditampilkan pada dashboard button kalibrasi sensor.
3. Hendaknya alat ini dibuatkan aplikasi web ataupun mobile sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Adin, R. K. (2021). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Otomasi Hidroponik Secara Internet of Things (IoT) Menggunakan Arduino Nano*.
- Afandi, M. (2020). *Sistem Kontrol Otomatis Dan Monitoring EC Berbasis IoT Untuk Pemberian Pupuk Pada Tanaman Selada*.
- Ahmad, T. (2022). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things*. *10*(3), 268–280.
- Chuzaini, F., Wedi, D., Mata, S., Grogolan, A., Ngunut, D., & Tirta, S. (2022). *IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu , pH , dan Total Dissolved Solids (TDS)*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, *11*(3), 46–56.
- Darmawan, M. A., Tri, & Putri, W. O. (2022). *Prototipe Sistem Kendali Jarak Jauh Pada Pakan Dan Pintu Kandang Kucing*. *12*(1), 21–30.
<https://doi.org/10.33322/sutet.v12i1.1664>
- Doni Rahmad, R. M. (2012). *Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Iot (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu ESP8266*. *Jurnal Teknologi Elekterika*, *2*(2), 516–522.
<http://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jsakti/article/view/243>
- Fabiola. (2022). *Internet of Things-Based Hydroponic System Monitoring Design*. *Teknik Informatika Vol. 17 No. 1 January-March 2022*, Pp. 129-138, *17*(1), 129–138.
- Fauziah, S. A. (2022). *Monitoring Dan Kontroling Tanaman Bawang Merah Berbasis Internet of Things* Syarifah Asmul Fauziah Syarifah Asmul Fauziah.
- Hieu, H. (2023). *Design And Implementation Of A Ble Gateway Using Esp32 Chipset*.

- Khuriati, A. (2022). *Sistem Pemantau Intensitas Cahaya Ambien Dengan Sensor BH1750 Berbasis Mikrokontroller Arduino Nano*. 25(13).
- Kudadiri, Y. A., & Priyulida, F. (2021). *Rancang Bangun Sensor Bh1750 Berbasis Mikrokontroller Sebagai Fototerapi Pada Penderita Hiperbilirubin/Bayi Kuning*. *Jurnal Mutiara Elektromedik*, 5(2), 46–51. <https://doi.org/10.51544/elektromedik.v5i2.3361>
- Megawati, S. (2021). *Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia*. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.26740/jieet.v5n1.p19-26>
- Muryanto, M. (2020). *Validasi Metode Analisa Amonia pada Air Tanah Menggunakan Metode Spectrofotometri*. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(1), 40. <https://doi.org/10.22146/ijl.v2i1.54490>
- Nasrah, A., Bogi, N., & Susi. (2022). *Realisasi Perangkat Iot Untuk Sistem Monitoring Media Tanam Berbasis Smart Greenbox Untuk Pertumbuhan Tanaman Cabai Realization Of Iot Device For Smart Greenbox Based Plant Media Monitoring System For Chili Plant Growth*. 9(2), 577–588.
- Nurhadi, Madrofi, Sucipto Putra Wisnu Agung, H. A. (2022). *Bang Bang Controller Pelarutan Nutrisi AB Mix Tanaman Hidroponik Rumahan*. 3, 305–314.
- Padi, P., Utomo, D. T., Etikasari, B., Mahendra, O. Y., & Munih, M. (2022). *Alat Ukur Karakteristik Tanah Berbasis IoT untuk Tanaman*. 2022(November), 553–562.
- Reza, M., Bintoro, A., & Putri, R. (2021). *Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penyimpanan Gabah untuk Menjaga Kualitas Beras Berbasis Internet of Things (IoT)*. *Jurnal Energi Elektrik*, 9(2), 14. <https://doi.org/10.29103/jee.v10i1.4309>

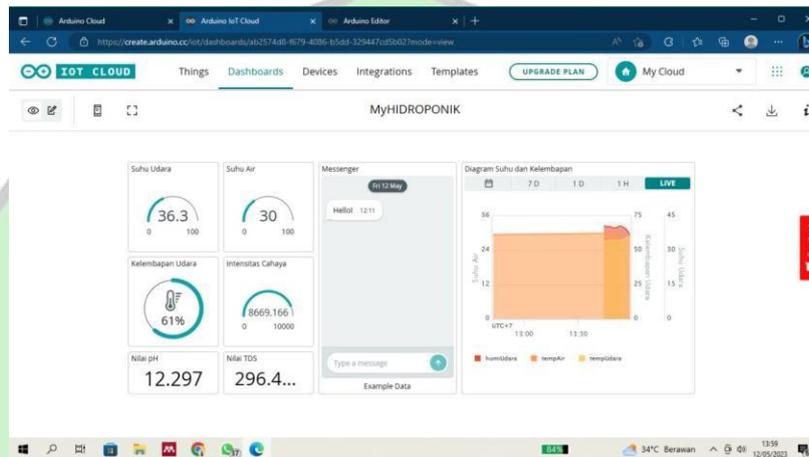
- Riandhika, C. B. (2022). *Rancang Bangun Alat Monitoring Kualitas Air Kolam di UIN Smart Garden Berbasis IOT*. 8.5.2017, 2003–2005.
- Rustan, M. F. (2021). *Smart Monitoring Hidroponik Berbasis Internet of Things*. *Journal of Computer and Information System (J-CIS)*, 4(2), 51–61. <https://doi.org/10.31605/jcis.v4i2.1494>
- Saputro, A. F. Y., & Prasetyo, D. A. (2022). *Rancang Bangun Thermopen Sebagai Pengukur Suhu Menggunakan Sensor Ds18B20 Dilengkapi Internet of Things*. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 26–33. <https://doi.org/10.23917/emitor.v22i1.14928>
- Suryana, T. (2021). *Measuring Light Intensity Using the BH1750 Sensor*. *Komputa Unikomm 2021*, 1–16.
- Susilawati. (2019). *Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik*.
- Syahrir, S., Syarif, M. I., & Bastian, A. (2020). *Rancang Bangun Monitoring Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT)*. *Seminar Nasional Hasil...*, 6(1), 62–67. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/download/2387/2099>
- Umar, M. H. A. (2022). *Sistem Informasi Pemantauan Mobile Berbasis Internet of Things Untuk Hidroponik Rakit Apung Tanaman Kangkung*.
- Wiguna, A. R. (2020). *Analisis Cara Kerja Sensor Ultrasonic Dan Motor Servo Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Pengusir Hama Disawah*. *OSF Preprints, December*. https://www.researchgate.net/profile/Robby-Endra/publication/347690066_Analisis_Cara_Kerja_Sensor_Ultrasonic_Dan_Motor_Servo_Menggunakan_Mikrokontroler_Arduino_Uno_Untuk_Pengusir_Hama_Disawah/links/5fe32604299bf140883796a7/Analisis-Cara-Kerja-Sensor-Ultra

LAMPIRAN

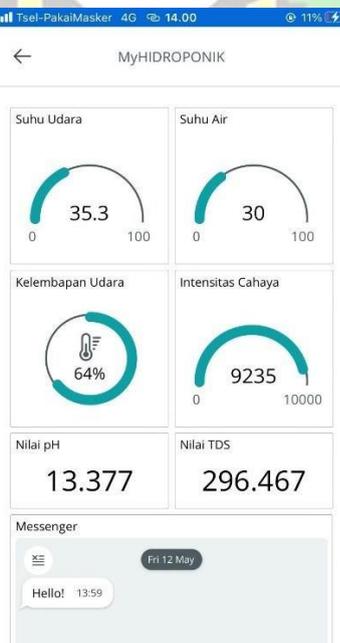
Lampiran 1 Gambar

Adapun lampiran dari penelitian Implementasi IOT untuk Monitoring Tanaman Hidroponik Pada Prodi Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh :

1. *Dashboard monitoring pada web Arduino IoT Cloud*



2. *Dashboard monitoring pada aplikasi mobile Arduino Cloud Remote*



Dashboard monitoring pada aplikasi mobile Arduino Cloud Remote

Lampiran 2 Program Code

```
#include "thingProperties.h"
// WiFiConnect - Version: Latest
#include <WiFi.h>
const char*ssid = "Private";
const char*password = "hasilnya1";
// library sensor DHT22 - Version: 1.4.4
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
// library sensor BH1750 - Version: 1.3.0
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
// library sensor TDS
#include <EEPROM.h>
#include "GravityTDS.h"
// library sensor DS18B20
// OneWire - Version: 2.3.7
#include <OneWire.h>
// DallasTemperature - Version: 3.9.0
#include <DallasTemperature.h>
// Adafruit Unified Sensor - Version: 1.1.7
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <SPI.h>
// Mendefinisikan pin pada sensor
#define DHTPIN 5
#define DHTTYPE DHT22
#define TdsSensorPin 35
#define ONE_WIRE_BUS 32
#define sensor 32
```

```

// Mendeklarasikan variabel
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
BH1750 lightMeter;
GravityTDS gravityTds;
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature Suhu(&oneWire);

float suhuAir;
float temperature = 25, tdsvalue = 0;
const int ph_Pin = 34;
float Po = 0;
float PH_step;
int nilai_analog_PH;
double TeganganPh;
// data kalibrasi sensor ph
float PH4 = 3.30;
float PH7 = 2.51;
void setup() {
    // Initialize serial and wait for port to open:
    Serial.begin(115200);
    pinMode(ph_Pin, INPUT);
    // This delay gives the chance to wait for a Serial
    Monitor without blocking if none is found
    delay(1500);
    // Defined in thingProperties.h
    initProperties();
    // code menghubungkan esp ke wifi
    Serial.print("Menghubungkan ke WiFi ");
    Serial.println(ssid);
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(1000);
        Serial.println(".."); }
}

```

```

// code output WiFi
Serial.println("WiFi Terhubung");
Serial.println("IP Address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
Serial.println(F("BH1750 Test.."));

// code tds
gravityTds.setPin(TdsSensorPin);
gravityTds.setAref(3.3);
gravityTds.setAdcRange(4096);
// code perintah menjalankan variabel
Wire.begin(22, 21);
dht.begin();
lightMeter.begin();
gravityTds.begin();
Suhu.begin();
// Connect to Arduino IoT Cloud
ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
setDebugMessageLevel(2);
ArduinoCloud.printDebugInfo(); }

void loop() {
// Your code here
DHT_SENSOR_READ();
BH1750_SENSOR_READ();
TEMP_SENSOR_READ();
TDS_SENSOR_READ();
PH_SENSOR_READ(); }

// code utama sensor DHT22
void DHT_SENSOR_READ() {
  ArduinoCloud.update();

  float humi = dht.readHumidity(); // membaca kelembaban
  float temp = dht.readTemperature(); //membaca suhu dalam
  celcius

```

```

// menghubungkan variabel ke dashboard
humiUdara = humi;
tempUdara = temp;
// code output pada monitor
Serial.println("=====");
Serial.print("Kelembapan : ");
Serial.print(humi);
Serial.println(" %");
Serial.print("Suhu Udara : ");
Serial.print(temp);
Serial.println(" °C");
delay(10000); }
// code utama densor BH1750
void BH1750_SENSOR_READ() {
  ArduinoCloud.update();
  float lux = lightMeter.readLightLevel(); //
  mendeklarasikan variabel
  // menampilkan output ke monitor
  Serial.print("Intensitas Cahaya: ");
  Serial.print(lux);
  Serial.println(" Lux");
  // menghubungkan variabel ke dashboard
  light = lux;
  delay(10000); }

// code utama sensor DS18B20
void TEMP_SENSOR_READ() {
  ArduinoCloud.update();
  // mendeklarasikan variabel
  Suhu.setResolution(9);
  Suhu.requestTemperatures(); //konversi suhu
  suhuAir = Suhu.getTempCByIndex(0);

```

```

// menampilkan output ke monitor
Serial.print("Suhu Air: ");
Serial.print(suhuAir);
Serial.println(" °C");
// menghubungkan variabel ke dashboard
tempAir = suhuAir;
delay(10000); }

// code utama sensor TDS
void TDS_SENSOR_READ() {
  ArduinoCloud.update();
  float tdsValue = gravityTds.getTdsValue();
  gravityTds.setTemperature(temperature);
  gravityTds.update();
  // menampilkan output ke monitor
  Serial.print("Nilai TDS: ");
  Serial.print(tdsValue);
  Serial.println(" ppm");
  // menghubungkan variabel ke dashboard
  tds = tdsValue;
  delay(10000); }

// code utama sensor PH4502C N I R Y
void PH_SENSOR_READ() {
  // mendeklarasikan variabel
  int nilai_analog_PH = analogRead(ph_Pin);
  Serial.print("Nilai ADC Ph: ");
  Serial.println(nilai_analog_PH);
  TeganganPh = nilai_analog_PH * 3.3 / 4096;
  Serial.print("Tegangan Ph : ");
  Serial.println(TeganganPh, 3);
  PH_step = (PH4 - PH7) / 3;

```

```

Po = 7.00 + ((PH7 - TeganganPh) / PH_step); // Po = 7.00
+ ((teganganPH7 - TeganganPh) / Ph_step)

Serial.print("Nilai PH Cairan: ");

Serial.println(Po, 2);

ph = Po;

delay(10000);

/* PH step = ((tegangan PH4 - tegangan PH7) / (PH7 - PH4))
= (3.30 - 2.51) / (7 - 4)
= (0.79) / 3
= 0.263 */

```

Lampiran 3 Data

Lampiran data dapat diakses pada link berikut :

https://drive.google.com/drive/folders/1douReY7fP77Cpqb_3PT9b4eSOAbGFqHL?usp=share_link

Lampiran 4 Video

Lampiran video dapat diakses pada link berikut :

https://drive.google.com/drive/folders/1RAJNIMnW2ceRuoAGqF17MamR1z2vKYXr?usp=share_link

