

Skripsi

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KADAR NUTRISI
HIDROPONIK PADA TANAMAN SELADA (*LACTUCA SATIVA L.*)
BERBASIS INTERNET OF THINGS**

**WIDYA ASTUTI
H021191068**



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KADAR NUTRISI
HIDROPONIK PADA TANAMAN SELADA (*LACTUCA SATIVA L.*)
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

**WIDYA ASTUTI
H021191068**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KADAR NUTRISI
HIDROPONIK PADA TANAMAN SELADA (*LACTUCA SATIVA L.*)
BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Disusun dan diajukan oleh:

WIDYA ASTUTI
H021191068

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
Pada Juni 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Arifin, M.T
NIP. 19670520 199403 1 002

Pembimbing Pertama

Prof. Dr. Buqkar Abdullah, M.Eng.Sc.
NIP. 19550105 197802 1 001

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Arifin, M.T
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widya Astuti
NIM : H021191068
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KADAR NUTRISI HIDROPONIK PADA TANAMAN SELADA (*LACTUCA SATIVA L.*) BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Adalah karya tulis berdasarkan hasil pemikiran dan penelitian saya, bukan merupakan hasil pengambil alihan tulisan maupun pemikiran orang lain. Jika terdapat karya orang lain dalam skripsi ini, maka akan dicantumkan sumber yang benar dan jelas. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika dikemudian hari terdapat ketidakbenaran dan penyimpangan dalam pernyataan ini, maka saya berhak menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juni 2023

Yang Menyatakan



Widya Astuti
H021191068

ABSTRAK

Pada kondisi nutrisi hidroponik yang selalu mengalami perubahan tiap waktu dapat menjadi penyebab tanaman hidroponik tumbuh dengan tidak optimal. Setiap tanaman hidroponik memiliki kriteria jumlah pupuk nutrisi hidroponik yang berbeda-beda, salah satunya tanaman selada yang memiliki kriteria jumlah nutrisi 560-840 ppm dengan nilai pH 6,0-7,0. Maka, perlunya pemantauan kadar nutrisi hidroponik secara berkala untuk mengatur jumlah kadar nutrisi pupuk saat penyiraman tanaman. Penelitian ini dilakukan untuk memantau kadar nutrisi tanaman selada hidroponik secara *realtime* menggunakan aplikasi Ubidots. Pemantauan yang dilakukan meliputi pengukuran suhu, pH, dan TDS (*Total Dissolved Solids*). Hasil dari pemantauan dapat dilihat melalui LCD dan aplikasi Ubidots dengan menambahkan notifikasi peringatan ketika nilai suhu, pH dan TDS tidak sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Pada sistem pemantauan hidroponik dilakukan kalibrasi pada masing-masing sensor dengan nilai rata-rata akurasi sensor suhu DS18B20 sebesar 99,53%, sensor pH-4502C memiliki akurasi sebesar 99,18% dan sensor TDS memiliki akurasi sebesar 99,29%. Pengujian sistem pemantauan yang dilakukan selama tiga hari pada tanaman selada berumur 26 Hari Setelah Tanam (HST) bekerja dengan baik, dengan menampilkan nilai masing-masing sensor pada LCD dan aplikasi Ubidots. Serta notifikasi peringatan yang dapat muncul ketika nilai suhu, pH, dan TDS tidak sesuai kriteria berkerja dengan baik, dengan mengirimkan notifikasi melalui email.

Kata Kunci: *Hidroponik, sensor suhu, Sensor pH, Sensor TDS, Ubidots.*

ABSTRACT

The condition of hydroponic nutrition, which is constantly changing at all times, can be the cause of hydroponic plants growing optimally. Each hydroponic plant has a different criterion for the quantity of hydroponic nutrient fertilizer, one of which is a salad plant that has a nutritional quantity criteria of 560-840 ppm with a pH value of 6.0–7.0. Therefore, it is necessary to monitor the levels of hydroponic nutrients periodically to regulate the amount of fertilizer used during the irrigation of plants. The study was conducted to monitor the nutritional levels of hydroponic salad plants in real time Ubidots app. Monitoring includes temperature, pH, and TDS (Total Dissolved Solids) measurements. The results of the monitoring can be viewed via the LCD and Ubidots apps by adding warning notifications when temperature, pH, and TDS values do not meet the specified criteria. On the hydroponic monitoring system, calibration was carried out on each sensor, with the average temperature sensor accuracy of the DS18B20 being 99.53%, the pH-4502C sensor having a precision of 99.18%, and the TDS sensor having an accuracy of 99.29%. The three-day testing of the monitoring system on the 26 Days After Plant candy plant worked well, displaying the values of each sensor on the LCD and Ubidots app. As well as warning notifications that can be sent when temperature, pH, and TDS values do not meet the criteria properly by sending notifications via email.

Keywords: hydroponics, temperature sensor, pH sensor, TDS sensor, ubidots.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah segala puji dan syukur atas kehadiran Allah Swt, karena berkat rahmat dan pertolongan-Nya penyusunan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kadar Nutrisi Hidroponik pada Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*) Berbasis *Internet Of Things*” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin bisa dirampungkan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi dan Rasul yang paling mulia yakni Rasulullah Shallallahu ‘Alaihi Wasallam, kepada para keluarga, dan sahabat beliau yang senantiasa mencintai Rasulullah.

Perjalanan panjang telah penulis lalui dalam rangka menyelesaikan penulisan skripsi. Banyak hambatan yang dihadapi dalam penyusunannya, tetapi berkat kehendak-Nyalah sehingga penulis berhasil menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa penyusun skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua, pada kesempatan kali ini, ijinakan saya mempersembahkan skripsi ini sebagai hadiah kecil untuk orang tua saya yaitu **Mama** dan **Papa**. Terima kasih telah selalu mendukung saya hingga titik ini. Saya persembahkan untuk beliau semoga Allah melimpahkan rahmat, kebahagiaan, dan kesehatan kepada **Mama** dan **Papa**.
2. Kakak penulis. Untuk **kakak** penulis terima kasih sudah jadi sponsor uang jajan dan turut membantu saya ketika saya berada pada masa sulit saat penyusunan skripsi ini.
3. Untuk Bapak **Prof. Dr. Afirin, M.T.**, selaku dosen pembimbing utama dan Bapak **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.**, selaku pembimbing pertama yang dengan sabar, tulus, dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran ditengah kesibukan dan prioritasnya untuk membimbing, mengarahkan, serta memotivasi penulis selama penyusunan skripsi ini.

4. Bapak **Dr. Ir. Bidayatul Arminah M.T.** dan Bapak **Eko Juarlin, S. Si, M. Si.** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini.
5. **Bapak/Ibu Dosen pengajar** Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin yang telah membekali ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama perkuliahan.
6. Bapak/Ibu Staff Pegawai Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin terutama Staf Departemen Fisika: **Pak Syukur, Ibu Rana, dan Ibu Evi** yang telah membantu selama perkuliahan dan berbagai persuratan baik dalam persuratan penenelitian maupun penyusunan skripsi ini.
7. Untuk **Kak Ida** terima kasih sudah membantu dari awal penyusunan skripsi sampai akhir, senantiasa memberi saran yang membangun dan mengarahkan penulis untuk bisa menyelesaikan skripsi ini.
8. Untuk teman saya **Sri Hasniah** dan **Suci**, terimakasih telah menjadi penolong dan teman yang baik. Yang berjasa bagi peristiwa yang dialami penulis. Yang memberi semangat luar biasa kepada penulis.
9. Untuk sobat **Madona (Salsa, Jasmine, Pitti, Mutiara, Gisel, Ririn, Rati)**, terima kasih banyak telah menjadi teman yang selalu mendukung, memberi semangat, membantu dan mendoakan penulis.
10. Untuk teman-teman **Elins 2019** yang tidak dapat penulis tuliskan namanya satu persatu, yang telah mendukung dan berjuang bersama selama masa perkuliahan, terima kasih atas semua bantuannya.

Penulis memohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Wassalamualaikum warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, Juni 2023

Widya Astuti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ixx
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Sistem Hidroponik	4
II.1.1 Sistem Hidroponik <i>Deep Flow Technique</i>	4
II.1.2 Tanaman Hidroponik Selada.....	5
II.2 Sensor.....	5
II.2.1 Sensor Suhu DS18B20	5
II.2.2 Sensor TDS	6
II.2.3 Sensor pH.....	7
II.3 <i>Liquid Crystal Display</i>	8
II.4 Mikrokontroler ESP 32.....	9
I.5 Ubidots	10

BAB III METODOLOGI	11
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
III.2 Alat dan Bahan	11
III.2.1 Alat.....	11
III.2.2 Bahan	11
III.3 Tahapan Penelitian	12
III.4 Perancangan Perangkat Keras	13
III.5 Perancangan Perangkat Lunak	15
III.6 Pengujian Sistem	17
III.7 <i>Flowchart</i> Sistem Kerja Alat.....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
IV.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras.....	19
IV.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak.....	20
IV.3 Kalibrasi Sensor	22
IV.3.1 Kalibrasi Sensor Suhu DS18B20.....	22
IV.3.2 Kalibrasi Sensor pH-4502C.....	23
IV.3.3 Kalibrasi Sensor TDS	26
IV.4 Pengujian Notifikasi Ubidots pada <i>Handphone</i>	29
IV.5 Pengujian Sistem Pemantauan Nutrisi Hidroponik Secara Langsung	30
BAB V PENUTUP	37
V.1 Kesimpulan.....	37
V.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem hidroponik DFT	4
Gambar 2.2	Sensor DS18B20	6
Gambar 2.3	Sensor TDS	7
Gambar 2.4	Sensor pH	8
Gambar 2.5	LCD 16×2	9
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian.....	12
Gambar 3.2	Sistem pemantauan nutrisi air hidroponik.....	13
Gambar 3.3	Rangkaian perangkat keras.....	15
Gambar 3.4	Bagan perancangan perangkat lunak.....	16
Gambar 3.5	Bagan sistem kerja alat.....	18
Gambar 4.1	Hasil perancangan perangkat keras	19
Gambar 4.2	Hasil pembuatan hidroponik DFT	20
Gambar 4.3	Tampilan <i>device</i> pada <i>website</i>	21
Gambar 4.4	Tampilan <i>dashboard</i> pada <i>website</i>	21
Gambar 4.5	Tampilan pemantauan hidroponik pada aplikasi	22
Gambar 4.6	Gafik kalibrasi sensor suhu dengan alat standar.....	23
Gambar 4.7	Grafik nilai ADC sensor pH-4502C terhadap nilai pH meter ..	25
Gambar 4.8	Grafik perbandingan sensor pH-4502C dengan pH meter.	26
Gambar 4.9	Grafik nilai ADC sensor terhadap nilai TDS meter	28
Gambar 4.10	Grafik perbandingan sensor TDS dengan TDS meter.....	29
Gambar 4.11	(a) Tampilan notifikasi (b) tampilan pesan notifikasi Ubidots..	30
Gambar 4.12	Pemantauan hidroponik pada tanaman selada berumur 14 HSS	31
Gambar 4.13	Hasil pengukuran suhu air nutrisi hidroponik	32
Gambar 4.14	Hasil pengukuran TDS air nutrisi hidroponik	33
Gambar 4.15	Hasil pengukuran pH air nutrisi hidroponik	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan ESP32 dengan Mikrokontroler Lain	9
Tabel 4.1	Nilai keluaran ADC pada sensor pH-4502C	24
Tabel 4.2	Nilai keluaran ADC pada sensor TDS.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Programan untuk menghubungkan mikrokontroler ke Ubidots	43
Lampiran 2. Tabel data kalibrasi sensor suhu.....	44
Lampiran 3. Konversi nilai ADC sensor pH-4502C kenilai digital.....	48
Lampiran 4. Tabel perbandingan nilai sensor pH-4502C dengan pH meter.	49
Lampiran 5. Perhitungan membuat larutan konsentrasi 100 – 1000 ppm ...	50
Lampiran 6. Konversi nilai ADC sensor TDS kenilai digital	51
Lampiran 7. Tabel perbandingan nilai sensor TDS dengan TDS meter	52
Lampiran 8. Tabel hasil pemantauan hidroponik.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang terus mengalami peningkatan jumlah penduduk dalam satu dekade terakhir dan sebagian besar penduduknya berprofesi sebagai petani. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, permintaan pasar pada sektor pangan juga semakin meningkat [1,2]. Namun, hal ini tidak diikuti dengan ketersediaan lahan untuk pertanian karena dialih fungsikan untuk bidang industri. Maka sistem budidaya hidroponik dapat menjadi salah satu solusi dalam masalah ini. Budidaya hidroponik merupakan salah satu teknik pertanian tanpa menggunakan tanah sehingga meningkatkan efisiensi lahan dan cukup mudah untuk diterapkan [3]. Media tanam hidroponik hanya menggunakan air yang mengandung nutrisi yang diperlukan oleh tanaman untuk menentukan kualitas produk yang dihasilkan [4]. Salah satu jenis sistem hidroponik yang sederhana dan mudah diaplikasikan untuk masalah ini adalah sistem hidroponik *Deep Flow Technique*.

Sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) merupakan salah satu teknik dalam sistem pembudidayaan tanaman dengan media air yang cukup mudah diterapkan. Pada Instalasi sistem hidroponik ini, nutrisi yang di butuhkan tanaman dialirkan menggunakan tenaga listrik dengan sirkulasi kecepatan aliran yang relatif kecil [5]. Prinsip kerja DFT yaitu mensirkulasi larutan nutrisi dan aerasi secara kontiniu dengan bantuan pompa selama 24 jam dan akar tanaman diletakkan dalam lapisan air dengan ketinggian 2-3 cm [6]. Salah satu jenis tanaman yang dibudidayakan dalam penelitian ini adalah selada.

Selada (*Lactuca Sativa L.*) merupakan tanaman hortikultura yang memiliki kandungan gizi dan nilai ekonomi tinggi, serta prospek yang baik untuk dikembangkan [7]. Ditinjau dari aspek klimatologis, aspek teknis, ekonomis dan bisnis, selada layak diusahakan untuk memenuhi permintaan konsumen yang cukup tinggi dan peluang pasar internasional yang cukup besar [8]. Menurut data di Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BBP2TP) dan rentang

nutrisi yang baik untuk tanaman selada adalah 560-840 ppm dan rentang pH untuk tanaman selada adalah 6,0-7,0 [9]. Sehingga tanaman selada dapat menjadi solusi perekonomian dalam sektor pangan. Namun, masih banyak petani hidroponik melakukan aktivitasnya menggunakan teknologi yang sederhana dan manual [3]. Petani masih harus melakukan pengukuran dan pengkondisian nutrisi tanaman secara berkala setiap hari dengan manual [1].

Pada era digital sekarang telah dilakukan pemanfaatan teknologi dalam membantu petani hidroponik melakukan aktivitasnya. Salah satunya, penelitian mengenai sistem kontrol otomatis pada tanaman hidroponik dengan variabel pemantauan konduktivitas listrik, sensor pH, sensor suhu air, dan sensor suhu dan kelembaban udara oleh Vaibhav P. dkk (2018) [10]. Penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Manav M. dkk (2018) mengenai pemantauan pH, kelembaban, intensitas cahaya, suhu, ketinggian air pada tanaman hidroponik berbasis IoT *Internet of Things* (IoT) [11]. Anurag S. dkk (2021) melakukan penelitian IoT mengenai desain dan pengembangan sistem hidroponik vertikal dengan parameter pengukuran suhu, pH, *Electrical Conductivity* (EC) dan ketinggian air [12].

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran suhu air, pH air dan TDS (*Total Dissolved Solids*) pada tanaman selada hidroponik yang dapat diakses secara *realtime*. Hasil dari masing-masing pengukuran ini dapat dilihat melalui *website* dan aplikasi ubidots. Kebaruan penelitian ini dari sebelumnya adalah terdapat sensor TDS untuk mengukur kadar nutrisi hidroponik. Penelitian ini juga memiliki notifikasi peringatan ketika nilai nutrisi tidak sesuai dan menggunakan konsep hidroponik yang sederhana, murah dan mudah diaplikasikan bagi masyarakat.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pemantauan kadar nutrisi pada hidroponik basis IoT?
2. Bagaimana mengkalibrasi sensor suhu, sensor pH, dan sensor TDS pada rancangan sistem pemantauan kadar nutrisi?
3. Bagaimana pengaruh suhu dan pH terhadap jumlah kadar nutrisi pada sistem pemantauan hidroponik basis IoT?

I.3 Tujuan

1. Merancang dan membuat sistem pemantauan kadar nutrisi pada hidroponik basis IoT.
2. Mengkalibrasi sensor suhu, sensor pH, dan sensor TDS pada rancangan sistem pemantauan kadar nutrisi.
3. Menganalisis pengaruh suhu dan pH terhadap jumlah kadar nutrisi pada sistem hidroponik.

BAB II

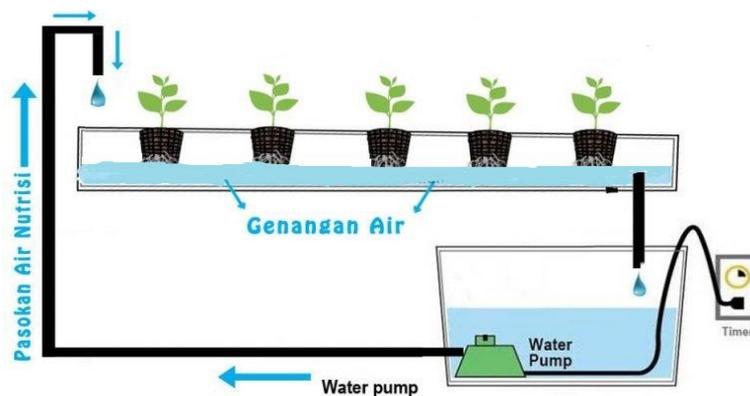
TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sistem Hidroponik

Sistem hidroponik merupakan salah satu cara membudidayakan tanaman khususnya jenis sayuran dan buah tanpa menggunakan media tanah. Media tanam sistem hidroponik hanya menggunakan air yang mengandung nutrisi yang diperlukan oleh tanaman [13]. Salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam media tanam hidroponik adalah kadar pH dan kuantitas air, karena pH yang stabil dan air yang cukup dapat membuat pertumbuhan dan kualitas tanaman baik [14]. Keunggulan hidroponik adalah kadar unsur hara dan nutrisi yang dibutuhkan tanaman bisa diberikan secara akurat sesuai keinginan penanam [15].

II.1.1 Sistem Hidroponik *Deep Flow Technique*

Sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) merupakan salah satu teknik yang sederhana dan mudah diterapkan [5]. Sistem DFT menggabungkan pasokan nutrisi yang tepat dan penyerapan oksigen dari siklus air nutrisi untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman [16]. Prinsip kerja DFT yaitu mensirkulasi larutan nutrisi dan aerasi secara terus menerus selama 24 jam. Pada rangkaian aliran tertutup dan akar tanaman diletakkan dalam lapisan air dengan ketinggian 2 cm. Sertai adanya rongga udara yang menyediakan oksigen bagi tanaman dengan aerasi yang dibantu oleh mesin pompa air [17]. Proses hidroponik DFT dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem hidroponik DFT [6].

II.1.2 Tanaman Hidroponik Selada

Selada (*Lactuca sativa L.*) adalah salah satu genus *Lactuca*, yang dibudidayakan sebagai tanaman sayuran yang diperkirakan berasal dari daerah sekitar Laut Mediterania, yang meliputi Asia, Transcaucasia, Iran dan Turkistan [18]. Selada termasuk tanaman semusim, mudah diusahakan di berbagai tipe lahan dan memiliki pasar yang luas [7]. Budidaya selada secara hidroponik umumnya menggunakan larutan unsur hara berupa larutan hidroponik standar (AB mix) dengan suhu air nutrisi 25°C - 30°C. AB mix merupakan larutan unsur hara yang terdiri dari larutan hara stok A yang berisi hara makro dan stok B yang berisi hara mikro. Adapun kandungan dari pupuk majemuk AB mix adalah N: 18,1%, Ca: 14,2%, K: 25,3%, Mg: 5,3%, S: 13,6%, P: 5,1%, Fe: 0,10%, Mn: 0,05%, Cu: 0,05%, B: 0,03%, Zn: 0,07% dan Mo: 0,001% [18].

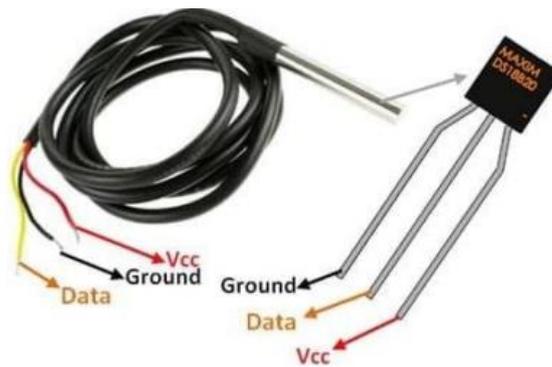
Hidroponik pada tanaman selada memerlukan kadar nutrisi dan pH yang sesuai untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Menurut data di BBP2TP, rentang nutrisi yang baik untuk tanaman selada adalah 560-840 ppm dan rentang pH untuk tanaman selada adalah 6,0-7,0 [9].

II.2 Sensor

II.2.1 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan suatu alat yang dapat mengubah panas menjadi besaran listrik. Sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada benda tertentu [19]. Sensor suhu dapat mengukur jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan suatu benda. Sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu tersebut dalam bentuk keluaran digital [20]. Bentuk fisik dari sensor suhu dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sensor suhu DS18B20 memiliki beberapa spesifikasi sebagai berikut [19]:

- Sensor dapat dikalibrasi langsung ke °C.
- Tegangan masukan 3 V sampai 5,5 V
- Dengan ketelitian 0,5 °C dari rentang -10 °C sampai 85 °C
- Rentang suhu dari -55 °C sampai 125 °C
- Beroperasi pada arus : < 60 µA

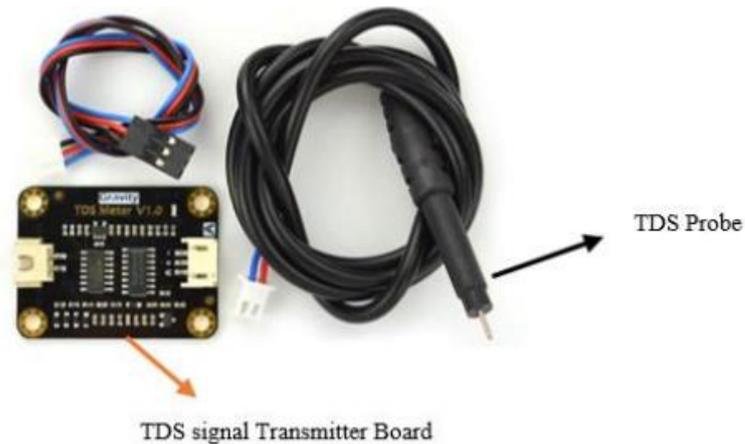


Gambar 2.2 Sensor DS18B20 [19].

II.2.2 Sensor TDS

Total Dissolved Solids (TDS) adalah jumlah padatan zat terlarut (baik zat organik maupun anorganik) yang terdapat pada sebuah larutan dan memiliki bentuk fisik seperti pada Gambar 2.3 [21]. TDS memiliki satuan yaitu PPM atau *Part Per Million* (bagian per sejuta), atau milligram perliter (mg/l) yang biasanya digunakan sebagai acuan dalam menanam secara hidroponik [21]. Sensor TDS menggunakan dua elektroda yang terpisah untuk mengukur nilai konduktivitas dan memberikan informasi kepekatan padatan zat nutrisi di dalam air [22]. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur jumlah nutrisi yang sesuai di dalam tandon air pada tanaman hidroponik dan adapun spesifikasi sensor ini sebagai berikut [21]:

- Tegangan masukan : 3,3 – 5,5 V
- Tegangan keluaran : 0 – 2,3 V
- Beroperasi pada arus : 3 - 6 mA
- Rata-rata pengukuran : 0 - 1000 ppm
- Akurasi pengukuran : $\pm 10\%$



Gambar 2.3 Sensor TDS [19].

II.2.3 Sensor pH

Power of hydrogen adalah singkatan dari pH yang memiliki arti ukuran kekuatan suatu asam. pH dapat didefinisikan sebagai nilai konsentrasi total ion Hidrogen (H^+) dalam larutan keasaman dan kebasaan [23,24]. Prinsip kerja utama sensor pH adalah terletak pada sensor *probe* berupa elektroda kaca dengan mengukur jumlah ion H_3O^+ di dalam larutan [25]. Sensor pH dapat mengukur secara akurat dengan mengukur perbedaan potensial antara dua elektroda pembentuk probe sensor, elektroda referensi (perak/perak klorida) dan elektroda kaca yang sensitiv terhadap ion hidrogen [21]. Gambar 2.4 menunjukkan bentuk sensor pH yang digunakan.

Salah satu jenis modul pH yang digunakan adalah pH modul DIY *More pH-4502C*. Spesifikasi dari modul ini sebagai berikut [19]:

- Memiliki tegangan : $\pm 0,2 - 5$ V (AC/DC)
- Beroperasi pada arus : 5 - 10 mA
- Rentang pH yang dapat dideteksi : 0 - 14
- Suhu yang dapat terdeteksi : 0 - 60 °C
- Daya : 0,5 Watt
- Keluaran : Pin analog
- Ukuran modul : 42 mm \times 32 mm \times 20 mm

Salah satu jenis elektroda yang digunakan untuk mengukur pH adalah elektroda E-201. Spesifikasi dari elektroda ini adalah sebagai berikut [19]:

- Rentang pH yang dapat diukur adalah 0,00-14,00 pH
- Tingkat akurasi 98,5%,
- Respon waktu < 1 menit,
- Suhu untuk operasional 0-60 °C
- Salah satu konektor yang digunakan untuk mengukur pH adalah port BNC dengan panjang kabel 0,8 m



Gambar 2.4 Sensor pH [19].

II.3 *Liquid Crystal Display*

Liquid Crystal Display (LCD) adalah komponen yang menggunakan kristal cair yang mempunyai fungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf atau grafik [20]. LCD memiliki banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul. Oleh karena itu, hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring [25]. LCD yang digunakan dalam penelitian ini adalah LCD 16×2 yang artinya LCD terdiri dari 16 kolom dan 2 baris seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 LCD 16×2 [26].

II.4 Mikrokontroler ESP 32

ESP32 adalah nama dari mikrokontroler yang dirancang oleh perusahaan yang berbasis di Shanghai, China yakni *Espressif Systems*. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi IoT [27]. ESP32 memiliki beberapa kelebihan daripada Arduino, ESP8266. Berikut perbedaan spesifikasi dari Arduino, ESP8266 dan ESP32 seperti pada Tabel 2.1 [28].

Tabel 2.1 Perbedaan ESP32 dengan Mikrokontroler Lain

Perbedaan	Arduino Uno	ESP8266	ESP32
Tegangan	5V	3,3V	3,3V
CPU	ATmega328 – 16MHz	Xtensa <i>single core</i> L106 – 60MHz	Xtensa <i>dual core</i> LX6 – 160MHz
Arsitektur	8 bit	32 bit	32 bit
Flash Memory	32 kB	16 MB	16 MB
SRAM	2 kB	160 Kb	512 kB
GPIO Pin (ADC/DAC)	14	17	36
Bluetooth	Tidak ada	Tidak ada	Ada
WiFi	Tidak ada	Ada	Ada
SPI/I2C/UART	1/1/1	2/1/2	4/2/2

I.5 Ubidots

Ubidots adalah sebuah *platform* yang mampu menjalankan konsep IoT. Aplikasi ini dikembangkan di Boston, Amerika Serikat, dengan tujuan dapat melakukan pengambilan data dari berbagai masukan dan juga bisa mengatur sebuah aksi pada keluaran yang diinginkan. Ubidots juga dilengkapi sebuah fitur yang dapat menyimpan hasil data pada database sehingga memungkinkan user mendapatkan data terdahulu sebagai pembandingan untuk data yang baru saja didapatkan [29].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-Juni 2023, bertempat di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Laptop. | 8. Pipet tetes |
| 2. Kabel <i>jumper</i> | 9. TDS meter |
| 3. Mikrokontroler ESP32 | 10. pH meter |
| 4. Papan rangkaian | 11. Netpot |
| 5. <i>Handphone</i> | 12. Pipa <i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC) |
| 6. <i>Power bank</i> | 13. Pompa air |
| 7. Gelas ukur | 14. Selang aerator |

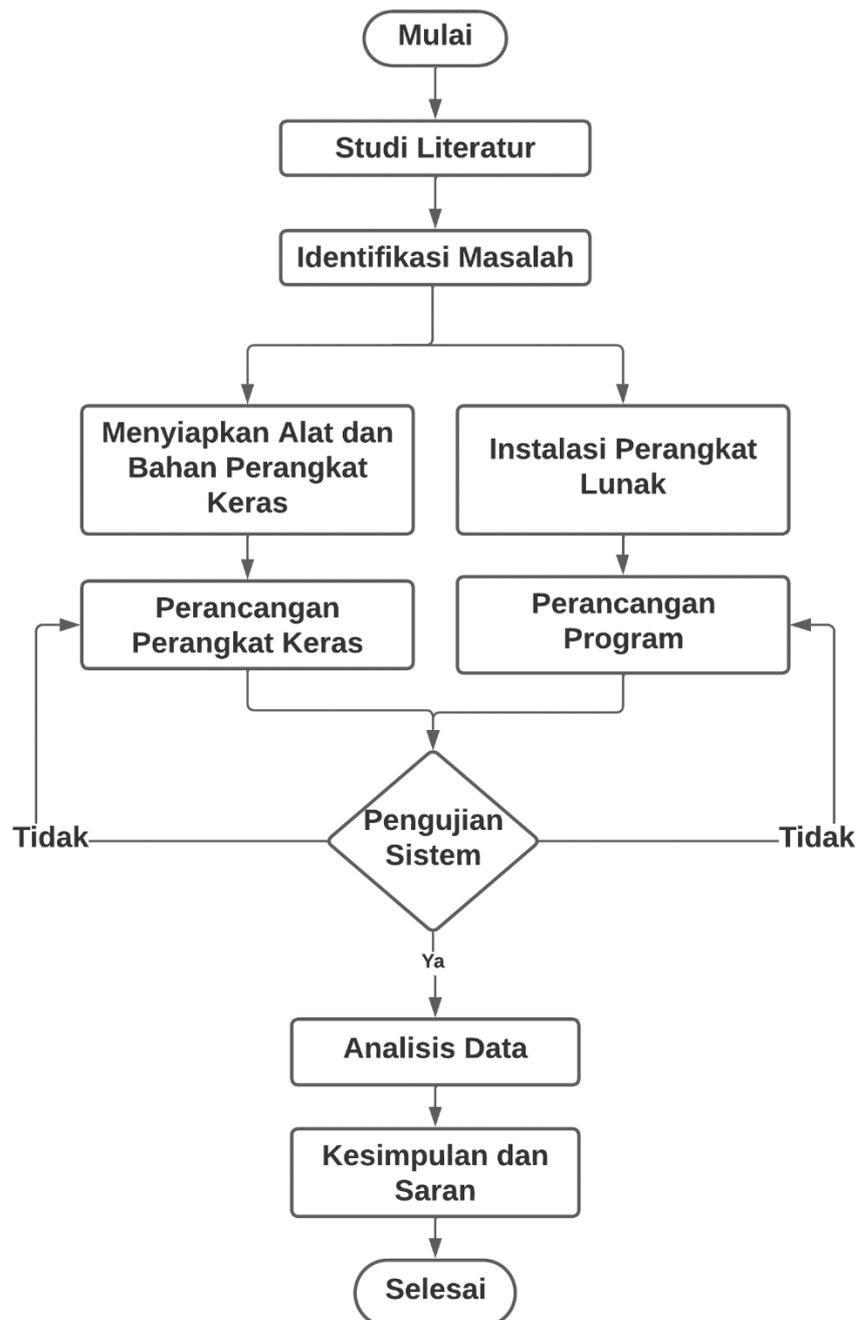
III.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa:

1. LCD
2. Resistor 4,7K Ω
3. Sensor pH-4502C
4. Sensor TDS dfrobot
5. Sensor suhu DS18B20
6. Larutan pH buffer 1-10
7. Garam
8. Aquades
9. *Rockwool*
10. Arduino IDE

III.3 Tahapan Penelitian

Dalam perancangan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang harus dilakukan, tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1. Bagan alir penelitian ini dapat memberikan informasi singkat mengenai tahapan-tahapan pengerjaan penelitian sistem monitoring hidroponik.

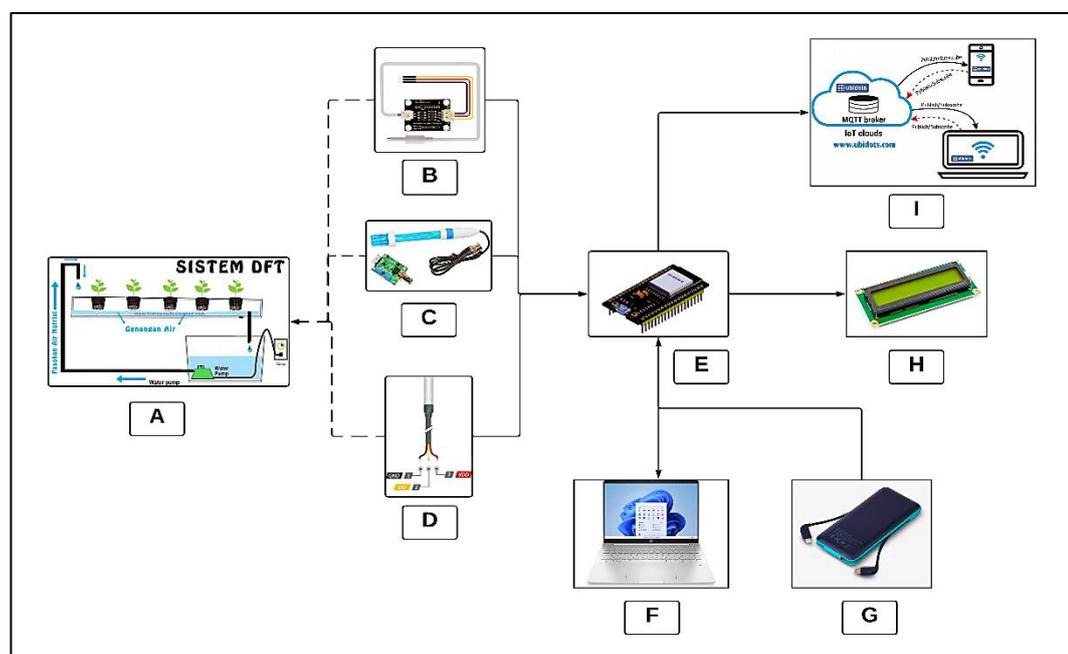


Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

Pada tahap pertama dimulai dengan studi literatur atau pengumpulan data pustaka yang menjadi acuan dalam penelitian pemantauan sistem hidroponik. Setelah mengumpulkan sumber acuan, dapat muncul masalah yang dapat diidentifikasi lalu dibahas sebagai tujuan dari dilakukannya penelitian. Setelah itu dapat dilakukan penyiapan alat dan bahan perangkat keras serta perangkat lunak. Kemudian mulai merancang perangkat keras dan instalasi perangkat lunak berupa Arduino IDE. Setelah itu, dilakukan pengujian alat untuk mengetahui keakuratan dari alat yang telah dirancang. Jika alat tidak berhasil menunjukkan tingkat akurasi yang tepat maka dilakukan kembali perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Jika alat berhasil menunjukkan tingkat akurasi yang tepat maka dapat dilakukan proses analisi data yang diolah untuk menarik kesimpulan dan saran.

III.4 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras bertujuan menjelaskan proses semua perangkat terhubung dan dijalankan oleh sistem. Sistem dalam penelitian ini dilakukan untuk memantau air nutrisi hidroponik pada tanaman selada. Ilustrasi sistem perancangan pemantauan air nutrisi hidroponik dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Sistem pemantauan nutrisi air hidroponik.

Keterangan:

A = Sistem hidroponik DFT

F = Laptop

B = Sensor TDS

G = *Power bank*

C = Sensor pH

H = LCD 16×2

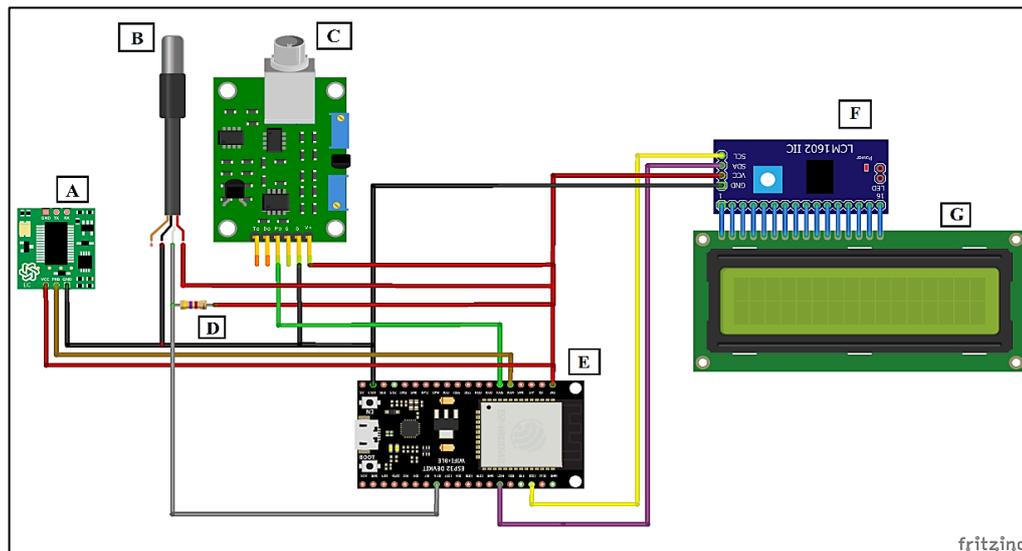
D = Sensor suhu

I = Ubidots

E = Mikrokontroler ESP 32

Pada Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa pemantauan air nutrisi hidroponik dilakukan dengan tiga variabel pengukuran yaitu pengukuran suhu (sensor DS18B20), pengukuran pH air (sensor pH-4502C) dan pengukuran jumlah nutrisi yang terlarut dalam air (sensor TDS). Ketiga hasil data pengukuran tersebut lalu dikirim ke mikrokontroler ESP32 sebagai tempat pengolahan data dan pengolahan data tersebut dikirim ke laptop untuk melihat hasil pembacaan sensor. Hasil pembacaan sensor kemudian dibandingkan dengan nilai yang sudah tetap untuk mengukur tingkat keakuratan sensor. Setelah dirancang dengan tingkat keakuratan yang tepat maka ketiga sensor yang dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 lalu dihubungkan dengan sumber daya *power bank*, LCD sebagai tempat melihat hasil pembacaan dan dihubungkan ke ubidots agar dapat dipantau secara *realtime*.

Pada rangkaian perangkat keras dilakukan pemasangan tiga sensor dengan menggunakan papan rangkaian seperti pada Gambar 3.3. Sensor suhu memerlukan resistor untuk menjaga tegangan tetap stabil untuk dilalui sensor dengan menggunakan resistor 4,7K Ω . selanjutnya LCD dihubungkan dengan modul *Inter Integrated Circuit* (I2C) yang berfungsi untuk mengirim dan menerima data. Modul I2C kemudian dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 untuk memudahkan melihat hasil pembacaan sensor. LCD yang digunakan berukuran 16×2 yang berarti 16 karakter dengan 2 baris.



Gambar 3.3 Rangkaian perangkat keras.

Keterangan:

A = Sensor TDS

E = Mikrokontroler ESP 32

B = Sensor suhu

F = Modul I2C

C = Sensor pH

G = LCD 16×2

D = Resistor 4,7 KΩ

III.5 Perancangan Perangkat Lunak

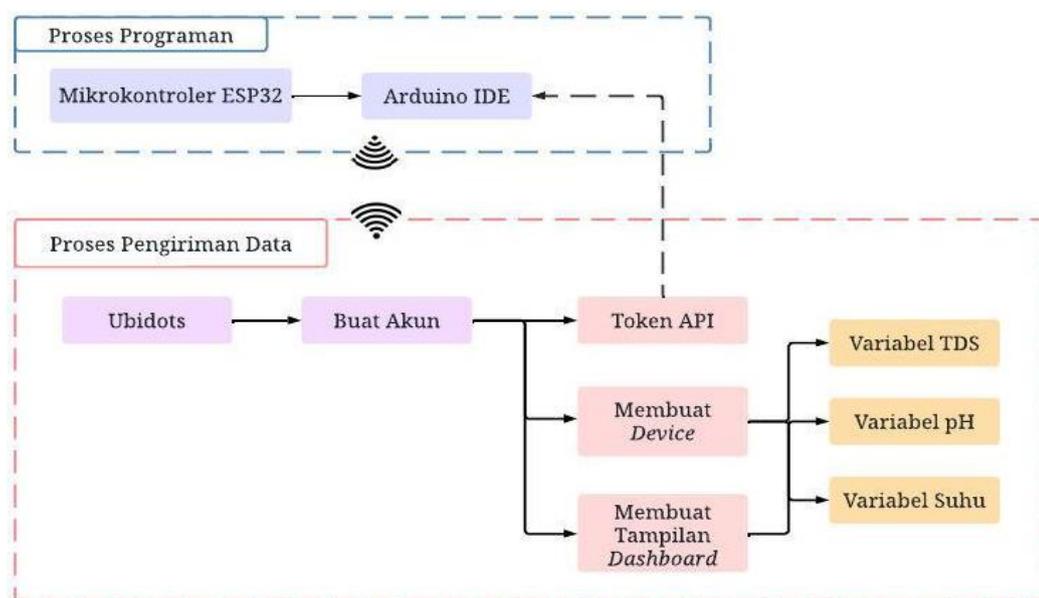
Pada perancangan perangkat lunak menjelaskan proses pengiriman data dari mikrokontroler ke Ubidots. Proses pengiriman data menggunakan program aplikasi Arduino IDE dengan program yang dijalankan oleh mikrokontroler. Pada tahap menghubungkan mikrokontroler ke *website* atau aplikasi ubidots diperlukan token *Application Programming Interface (API)* sebagai identifikasi akun yang akan dihubungkan. Cara menghubungkan mikrokontroler ke ubidots diantaranya sebagai berikut:

- 1) Membuat akun Ubidots terlebih dahulu.
- 2) Setelah itu, muncul kode token API yang nantinya disalin dan ditaruh di program Arduino IDE.
- 3) Setelah menyalin token API diprogram, membuat program sesuai dengan *device* ubidots yang dibuat.

Device pada ubidots merupakan tempat pemantauan hidroponik dengan memuat beberapa variabel sensor yang dapat dipantau. Cara membuat *device* diantara lain:

- 1) Menekan tombol “*Create Device*”. Setelah itu, muncul di sisi kanan halaman *device* bagian “*Add New Device*”.
- 2) Kemudian klik “*Blank Device*” pada bagian “*Add New Device*” dan ketik nama perangkat “*Monitoring Hidroponik*”.
- 3) Selanjutnya, buka halaman *device* yang telah dibuat dan tambahkan variabel dengan cara klik “*Add Variable*”.
- 4) Klik kotak variabel untuk membuka halaman variabel dan atur nama variabel sensor.
- 5) Maka variabel untuk satu sensor monitoring telah selesai dibuat, karena penelitian ini memerlukan tiga variabel maka ditambahkan lagi variabel pada “*device*” dengan cara yang sama.
- 6) Selanjutnya, membuat tampilan halaman *dashboard* atau halaman utama dengan memilih tampilan data sensor dalam bentuk angka maupun grafik.
- 7) Maka tampilan *website* telah selesai dibuat. Tanaman selada hidroponik dapat langsung dipantau menggunakan aplikasi maupun *website* ubidots.

Bagan dari perancangan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Bagan perancangan perangkat lunak.

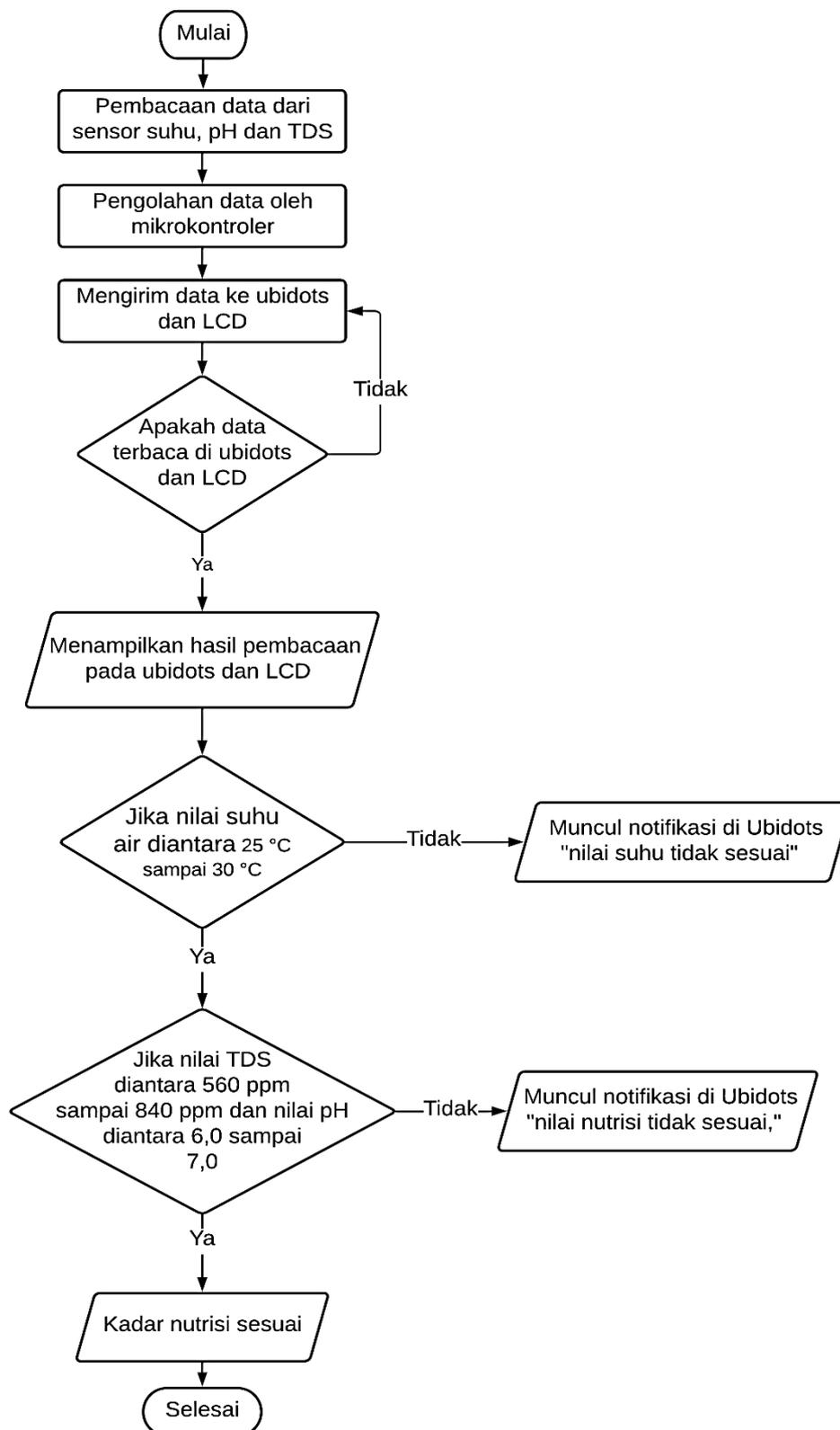
III.6 Pengujian Sistem

Pengujian sensor perlu dilakukan sebelum pengambilan data untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Pengujian sensor yang dilakukan dengan cara kalibrasi atau membandingkan nilai sensor dengan alat standar. Pengujian sensor suhu digital DS18B20 dilakukan dengan membandingkan nilai sensor dan alat standar untuk melihat tingkat akurasi alat. Sedangkan sensor TDS dan sensor pH yang termasuk sensor analog dilakukan dengan cara mengambil nilai data analog dari larutan yang telah diukur dengan alat standar. Kemudian mencari persamaan linier dari nilai data tersebut dan konversi nilai analog tersebut ke dalam persamaan linier untuk mendapatkan nilai sensor. Setelah itu membandingkan nilai sensor dengan alat standar untuk mengetahui tingkat akurasi alat tersebut.

III.7 Flowchart Sistem Kerja Alat

Sistem monitoring air nutrisi hidroponik berbasis IoT ini menggunakan mikrokontroler jenis ESP32 sebagai pusat mengendalikan data pada sensor yang digunakan. Sistem monitoring ini dilakukan dengan tiga variabel pengukuran yaitu pengukuran suhu, pengukuran pH air dan pengukuran jumlah nutrisi yang terlarut dalam air. Setiap sensor diletakkan di dalam penampungan air hidroponik untuk mengukur secara *realtime* kadar nutrisi pada air hidroponik tanaman selada.

Pada saat nilai kadar nutrisi air yang dideteksi oleh sensor TDS berada diluar nilai 560 ppm sampai 840 ppm maka notifikasi peringatan dikirimkan oleh ubidots. Sedangkan, pada saat nilai pH air dideteksi oleh sensor berada diluar nilai pH 6,0 sampai 7,0 maka notifikasi peringatan dikirimkan ke pengguna. Saat nilai berada pada nilai sesuai maka kadar nutrisi stabil dan pembacaan tetap dapat dipantau secara *realtime* melalui *website* dan aplikasi ubidots. Bagan dari sistem kerja alat pemantauan dapat dilihat pada Gambar 3.5

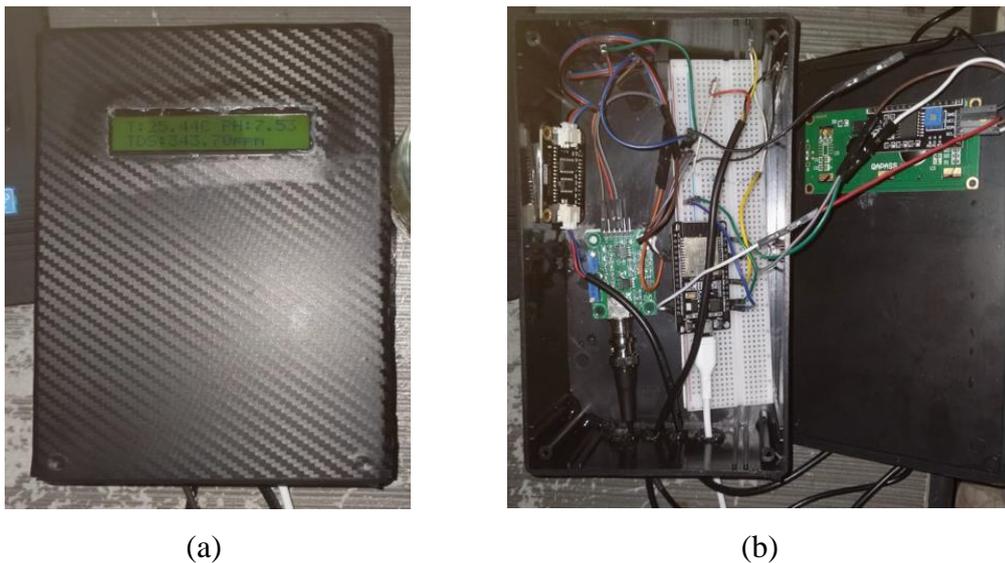


Gambar 3.5 Bagan sistem kerja alat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

Pada hasil perancangan perangkat keras dilakukan dengan merangkai tiga sensor pengukuran ke dalam kotak hitam untuk memudahkan pemantauan air hidroponik seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil perancangan perangkat keras (a) tampilan depan, (b) tampilan dalam kotak.

Pada Gambar 4.1 (a) menunjukkan tampilan luar kotak dengan layer LCD 16×2 yang berarti menampilkan 16 karakter dan 2 baris. Tulisan yang tampil di dalam LCD menunjukkan nilai temperatur, pH, dan TDS dalam larutan. Gambar 4.1 (b) menunjukkan rangkaian beberapa sensor yang dihubungkan ke mikrokontroler lalu ke LCD. Alat ini dirancang untuk memantau air nutrisi hidroponik yang dipasang pada sistem hidroponik DFT seperti pada Gambar 4.2.

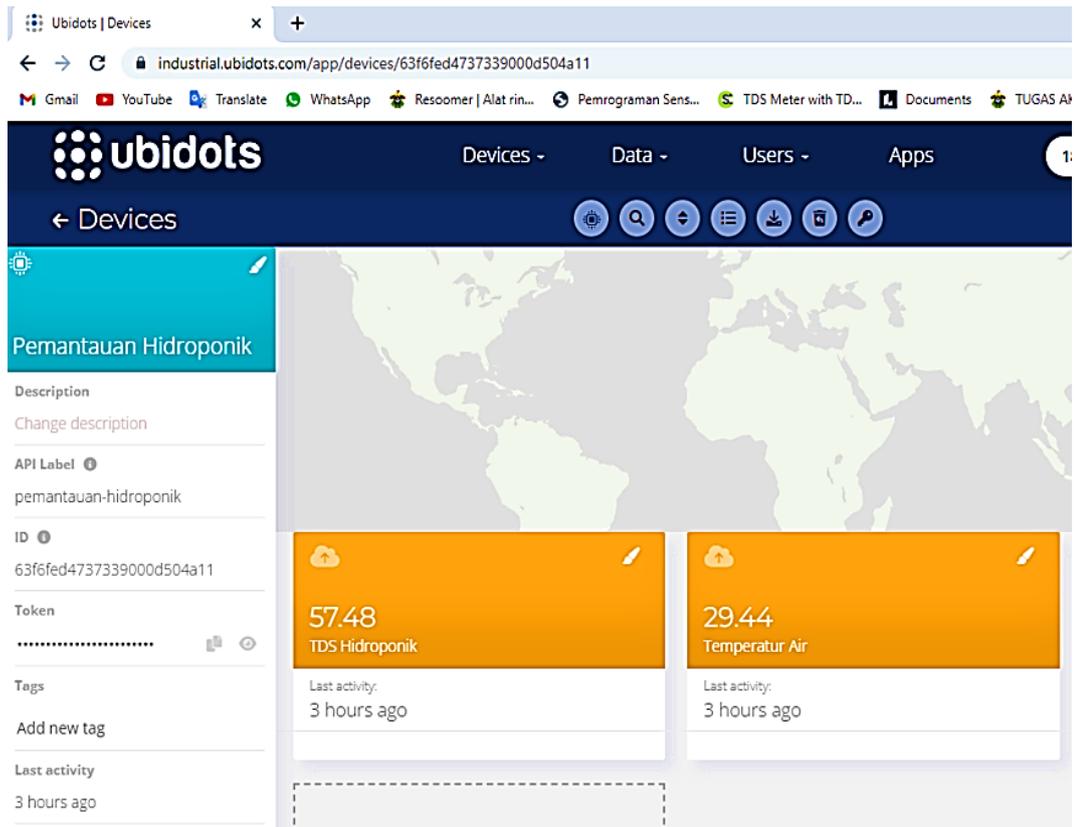


Gambar 4.2 Hasil pembuatan hidroponik DFT

Pada Gambar 4.2 menunjukkan hasil pembuatan hidroponik DFT dengan empat lubang tempat meletakkan tanaman. Lebar diameter masing-masing lubang 4 cm dan jarak antar lubang 12 cm. Sistem hidroponik ini menggunakan pompa aquarium untuk mendorong air naik ke atas pipa dengan tinggi pipa 30 cm. Kapasitas yang digunakan untuk menampung air nutrisi hidroponik sebanyak 5 liter. Alat pemantauan hidroponik akan dipasang pada sistem hidroponik DFT yang telah dibuat dengan parameter pengukuran berupa temperatur, pH dan TDS. Pemantauan dilakukan untuk menjaga nilai nutrisi hidroponik tetap stabil. Jika nilai pemantauan dari ketiga pengukuran di luar nilai yang sudah ditentukan, maka akan terdapat notifikasi peringatan yang akan dikirim ke email pengguna.

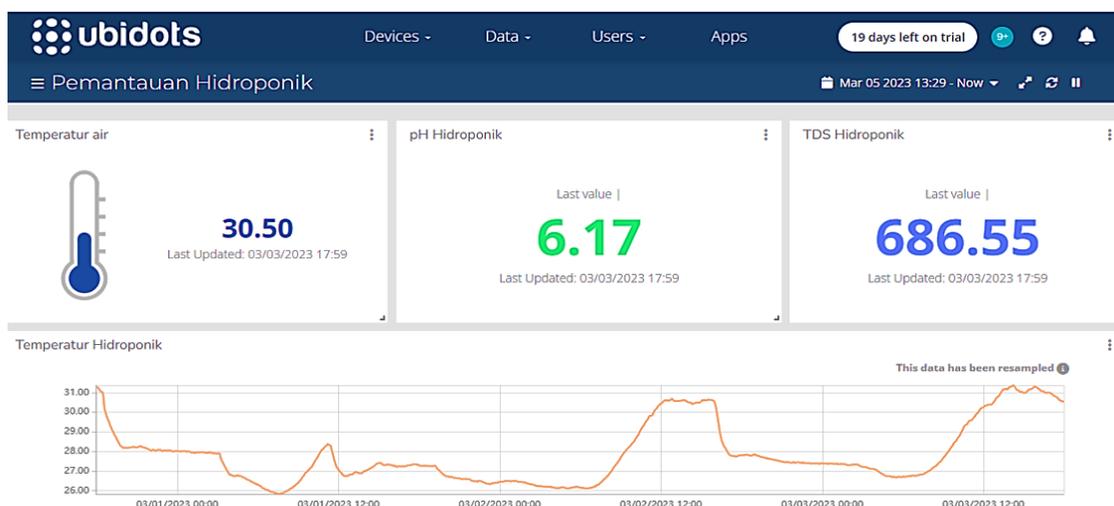
IV.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Hasil perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat *device* pada *website* Ubidots dan menghubungkan programan dari Arduino IDE ke *website* Ubidots. Membuat *device* dengan cara menambahkan *device* baru yang terdiri dari tiga variabel sensor yang digunakan. Setelah itu, programan dilakukan untuk menghubungkan Arduino IDE ke Ubidots. Hasil program seperti pada Lampiran 1. dan diupload di Arduino IDE. Hasil tampilan *device* seperti pada Gambar 4.3. dengan data dari ketiga sensor dapat langsung terkirim dan tampil pada *website*. Penyimpanan data hasil pengukuran dari ketiga sensor dapat dilihat di dalam variabel yang terdapat dalam *device* yang telah dibuat.



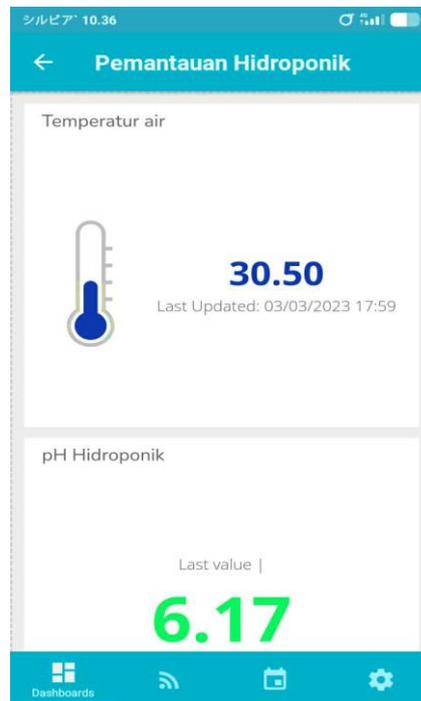
Gambar 4.3 Tampilan *device* pada *website*

Tampilan data pada halaman *dashboard* dapat diatur dengan memilih tampilan berupa angka dan grafik yang ingin digunakan pada masing-masing variabel sensor. Tampilan yang telah diatur dapat muncul pada halaman *dashboard* seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Tampilan *dashboard* pada *website*

Setelah halaman *dashboard* diatur maka pemantauan hasil pengukuran dapat langsung dilihat melalui *website*. Hasil *database* dapat dilihat pada variabel sensor yang terdapat pada halaman *device*. Selain itu, pemantauan hidroponik ini tidak hanya dapat dilihat pada *website*, melainkan dapat dilihat juga melalui aplikasi Ubidots seperti pada Gambar 4.5.



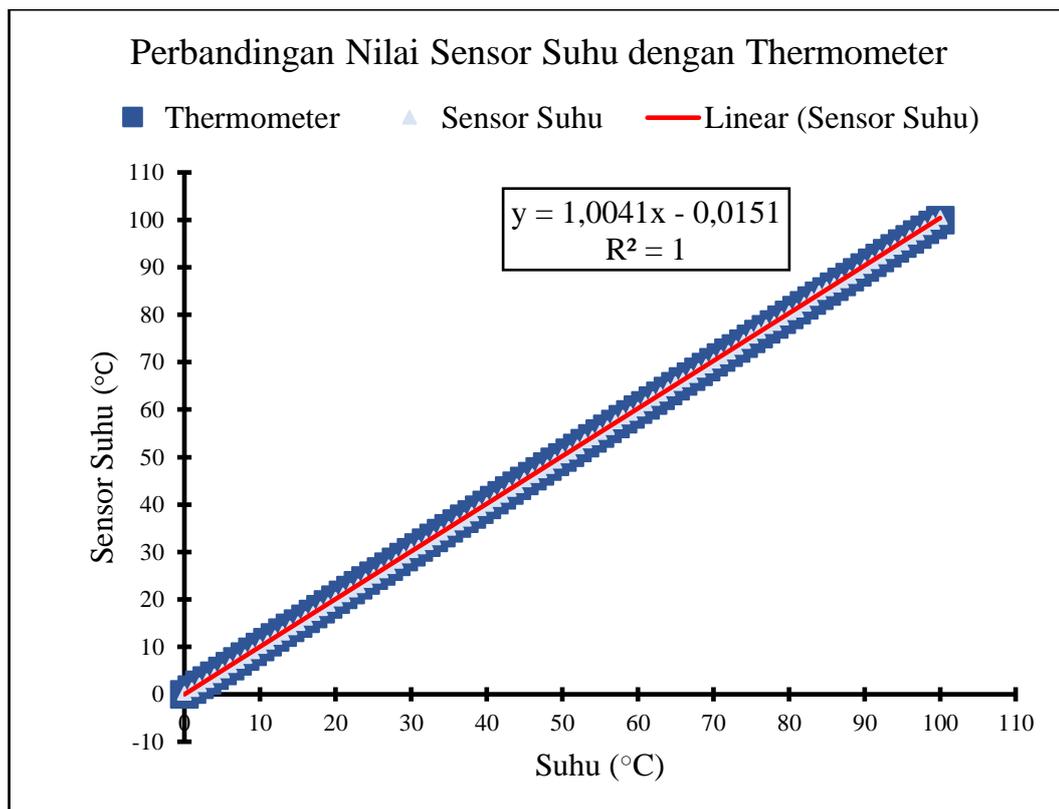
Gambar 4.5 Tampilan pemantauan hidroponik pada aplikasi

IV.3 Kalibrasi Sensor

IV.3.1 Kalibrasi Sensor Suhu DS18B20

Kalibrasi sensor dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi sensor dalam mengukur suhu. Cara kalibrasi sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan nilai sensor suhu dengan alat yang sudah terstandarisasi. Rentang nilai suhu yang diukur dimulai dari 0 °C – 100 °C. Nilai suhu dingin dari 0 °C didapatkan dengan mendinginkan larutan akuades 100 ml yang mengandung 20 gr garam. Sedangkan untuk suhu panas didapatkan dengan memanaskan larutan akuades 100 ml yang mengandung 20 gr garam. Setelah membandingkan nilai sensor dengan *thermometer* maka nilai *error* dapat dicari untuk melihat tingkat akurasi sensor.

Pada Gambar 4.6 menunjukkan hasil data pengukuran yang cukup bagus, yang dapat dilihat pada garis lurus sensor berhimpitan dengan garis *thermometer*. Nilai persamaan linier sensor adalah $y = 1,0041x - 0,0151$ dengan $R^2 = 1$ yang berarti nilai korelasi mendekati sempurna. Data pengukuran sensor suhu dapat dilihat pada Lampiran 2. dengan nilai *error* 0,47% dan akurasi sebesar 99,53%. Tingkat ketepatan pembacaan sensor suhu DS18B20 ini lebih tinggi, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Koestoer R. A. dkk (2019) dengan nilai rata-rata *error* pembacaan sensor sebesar 0,85% [30].



Gambar 4.6 Grafik kalibrasi sensor suhu dengan alat standar

IV.3.2 Kalibrasi Sensor pH-4502C

Kalibrasi sensor pH sedikit berbeda dengan sensor sebelumnya. Sensor ini menggunakan nilai *Analog to Digital Converter* (ADC) sebagai nilai keluarannya, maka nilai keluaran ADC perlu dikonversi menggunakan persamaan linier untuk merubahnya menjadi nilai digital. Kalibrasi sensor pH dilakukan dengan cara

mengukur larutan pH *buffer* 1-10 dengan menggunakan sensor pH dan pH meter. pH meter digunakan sebagai patokan untuk mengubah nilai ADC menjadi digital. Tabel 4.1 merupakan data hasil pengukuran pH *buffer* menggunakan sensor pH dengan keluaran ADC dan pH meter digital.

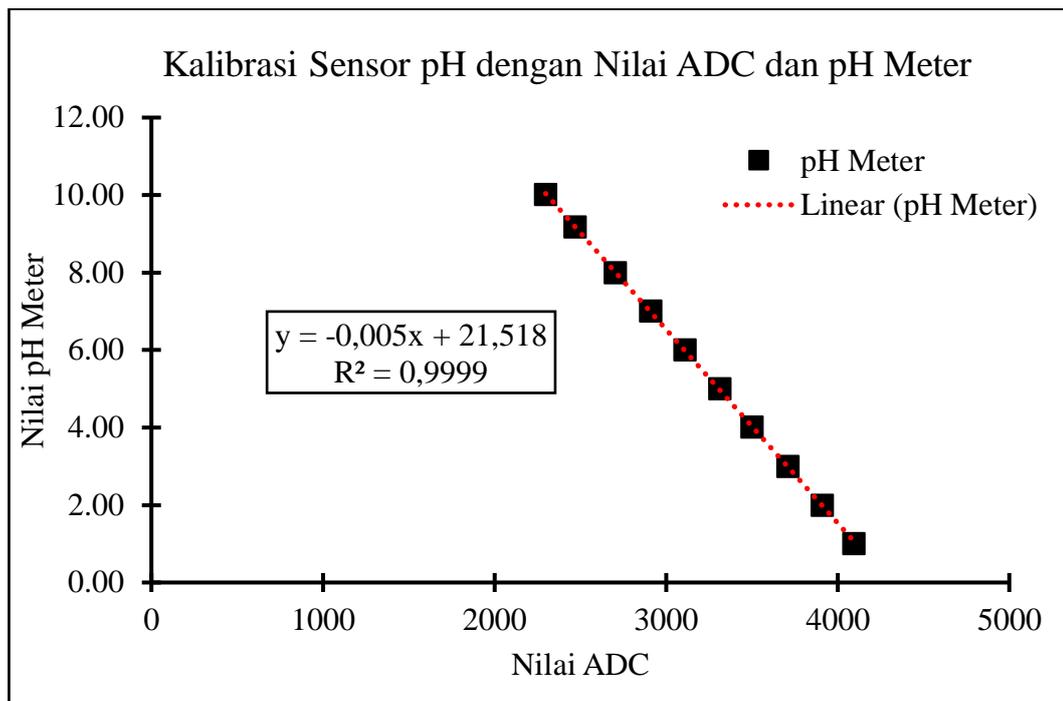
Tabel 4.1 Nilai keluaran ADC pada sensor pH-4502C

Larutan pH <i>Buffer</i>	Nilai Sensor ADC	Alat Standar pH Meter
1,0	4095	1,01
2,0	3910	2,00
3,0	3710	3,00
4,0	3500	4,01
5,0	3313	5,00
6,0	3111	6,00
7,0	2910	7,00
8,0	2704	8,00
9,0	2468	9,18
10,0	2298	10,01

Setelah mendapat hasil pengukuran sensor dengan keluaran ADC, sensor dapat dikonversi ke nilai digital menggunakan data tersebut. Cara konversi nilai ADC ke nilai digital dengan membuat grafik linier untuk menemukan persamaan linear seperti pada persamaan di bawah [31].

$$y = mx + b \quad (4.1)$$

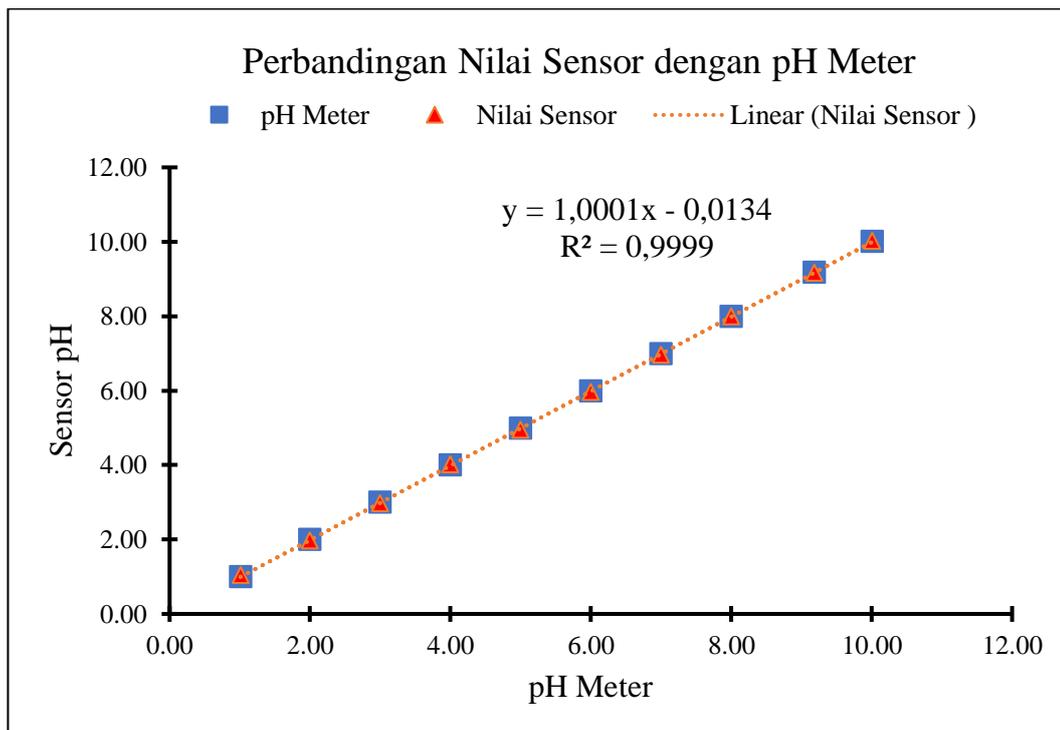
Dengan y sebagai nilai sensor digital, x adalah nilai ADC, m adalah kemiringan garis kalibrasi, b adalah konstanta. Hasil Grafik linier dari Tabel 4.1 seperti pada Gambar 4.7 dengan persamaan linier $y = -0,005x + 21,518$ dengan nilai $R^2 = 0,9999$. Dari persamaan linier yang telah didapatkan, sensor dapat dikonversi menggunakan persamaan tersebut untuk mendapatkan nilai digital seperti pada Lampiran 3.



Gambar 4.7 Grafik nilai ADC sensor pH-4502C terhadap nilai pH meter

Setelah mengubah nilai sensor analog kedigital, maka dapat ditemukan nilai *error* dari sensor dan pH meter seperti pada Lampiran 4. dengan nilai rata-rata *error* dari sensor adalah 0,85% dengan tingkat akurasi 99,15%. Tingkat ketepatan pembacaan sensor pH-4502C ini lebih tinggi, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dudala S. (2020) dengan nilai *error* 2,02% [32].

Pada Gambar 4.8 menunjukkan perbandingan nilai sensor dengan alat standar. Grafik linier dari sensor dan alat standar memiliki persamaan linier berupa $y = 1,0001x - 0,0134$. Nilai pada sensor menunjukkan nilai mendekati nilai alat standar pH meter dengan nilai $R^2 = 0,9999$. Sensor ini bekerja dengan cukup akurat, maka persamaan linier dari nilai ADC dapat digunakan dalam program Arduino IDE untuk mengubah nilai analog sensor pH kedigital.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan sensor pH-4502C dengan pH meter.

IV.3.3 Kalibrasi Sensor TDS

Pada kalibrasi sensor TDS digunakan larutan dengan tingkat konsentrasi dari 100 – 1000 ppm. Larutan konsentrasi dibuat dengan membuat larutan induk 1000 ppm dari 100 ml akuades dengan garam yang dilarutkan. Jumlah garam yang diperlukan dicari dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan berikut:

$$\text{Massa terlarut (mg)} = \text{ppm} \times \text{volume larutan (l)} \quad (4.2)$$

kemudian dilakukan pengenceran pada larutan induk untuk membuat larutan 100 ppm sampai 900 ppm dengan menggunakan persamaan berikut [33]:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \quad (4.3)$$

dengan V_1 = Volume larutan standar yang diencerkan, V_2 = Volume larutan pengenceran, M_1 = Konsentrasi larutan yang diencerkan dan M_2 = Konsentrasi larutan pengenceran. Larutan dengan konsentrasi 100 – 1000 ppm didapatkan dengan menggunakan larutan induk yang diencerkan seperti pada Lampiran 5. Setelah selesai membuat larutan dengan konsentrasi 100 – 1000 ppm, dilakukan pengukuran larutan tersebut menggunakan TDS meter dan sensor TDS untuk

menguji keakuratan sensor. Dikarenakan keluaran sensor TDS berupa nilai ADC, maka perlu mengubah nilai ADC ke nilai digital. Oleh karena itu, kalibrasi sensor dilakukan dengan mengukur larutan-larutan konsentrasi 100 – 1000 ppm, dengan menggunakan sensor TDS dan TDS meter. TDS meter digunakan sebagai patokan untuk mengubah nilai ADC ke nilai digital. Tabel 4.2 adalah hasil pengukuran larutan garam menggunakan sensor dengan nilai keluaran ADC dan TDS meter.

Tabel 4.2 Nilai keluaran ADC pada sensor TDS

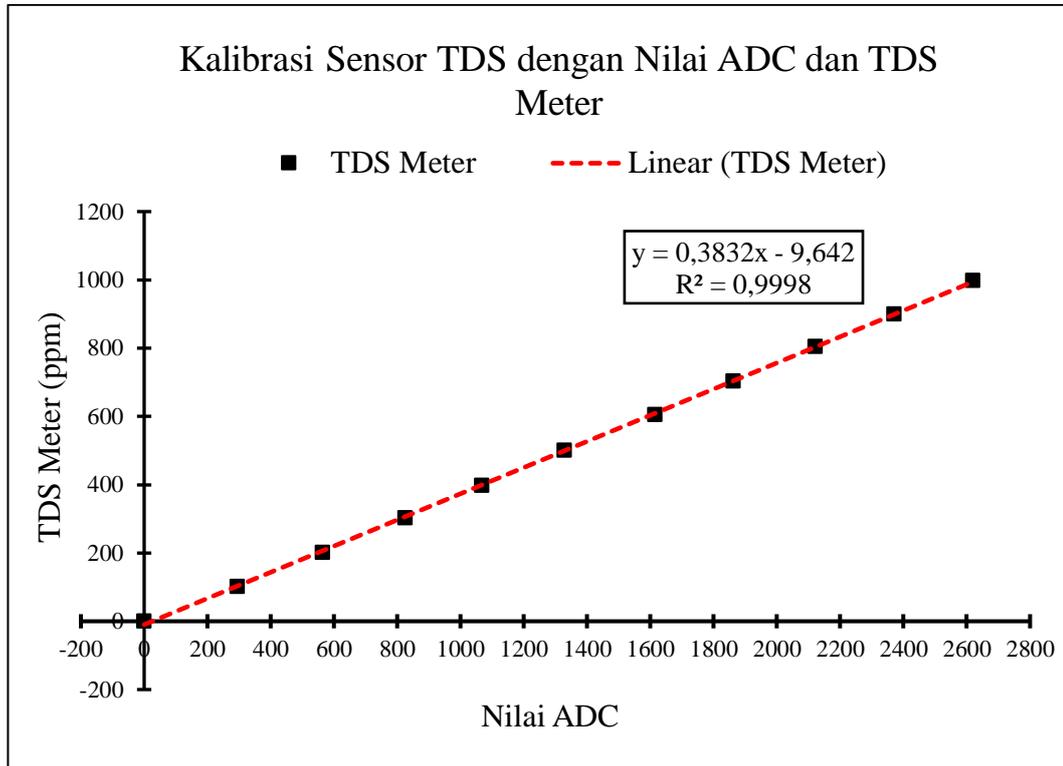
Larutan Kadar Garam (ppm)	Nilai Sensor ADC	Alat Standar TDS Meter (ppm)
0 ppm	0	0
100 ppm	295	101
200 ppm	564	202
300 ppm	825	303
400 ppm	1067	398
500 ppm	1328	501
600 ppm	1614	605
700 ppm	1862	703
800 ppm	2122	804
900 ppm	2371	900
1000 ppm	2619	998

Cara mengubah nilai ADC ke nilai digital sama seperti pada sensor pH menggunakan persamaan linier seperti pada persamaan dibawah [31].

$$y = mx + b \quad (4.2)$$

Dengan y sebagai nilai sensor digital, x adalah nilai ADC, m adalah kemiringan garis kalibrasi atau skala, b adalah konstanta. Tabel 4.2 *diplot* untuk membuat grafik linier. Hasil grafik linier dari Tabel 4.2 seperti pada Gambar 4.9 dengan persamaan linier $y = 0,3832x - 9,642$ dengan nilai $R^2 = 0,9998$. Dari persamaan linier yang telah didapatkan, maka sensor dapat dikonversi

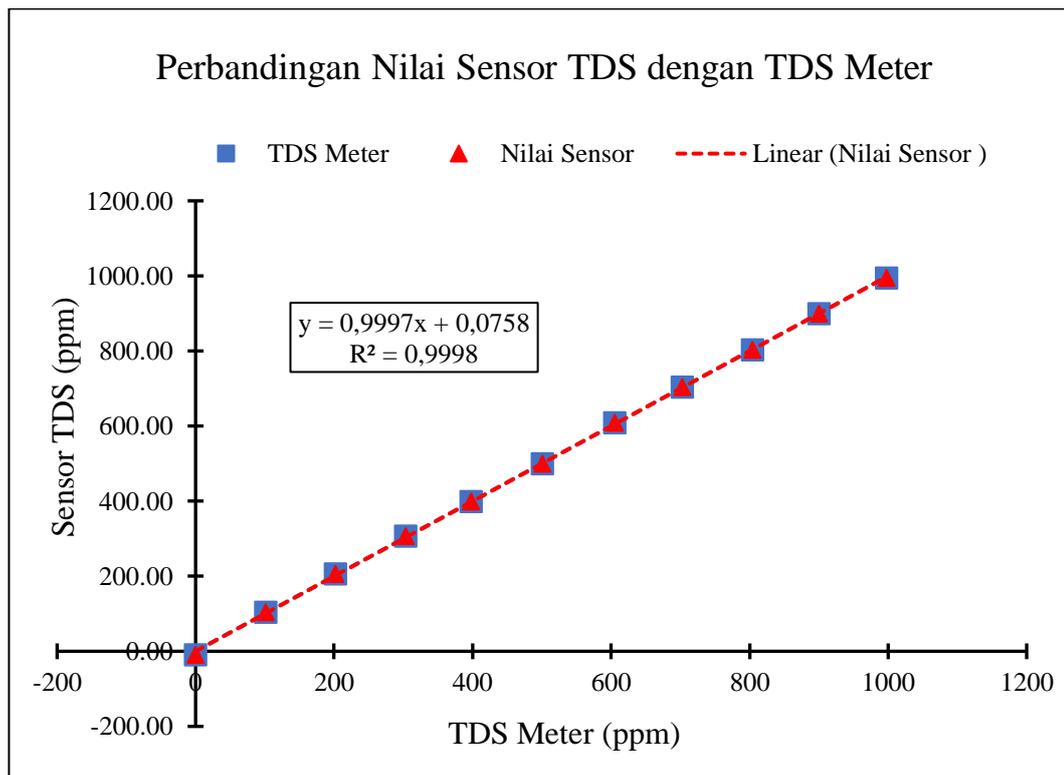
menggunakan persamaan tersebut untuk mendapatkan nilai digital seperti pada Lampiran 6.



Gambar 4.9 Grafik nilai ADC sensor terhadap nilai TDS meter

Setelah mengubah nilai sensor analog kedigital, maka dapat ditemukan nilai *error* dari sensor dan TDS meter seperti pada Lampiran 7. Nilai rata-rata *error* dari sensor adalah 0,71% dengan tingkat akurasi 99,29%. Tingkat ketepatan pembacaan sensor ini lebih tinggi, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Samijayani O. N. dkk (2020) dengan nilai rata-rata *error* pembacaan sensor sebesar 0,81% [34].

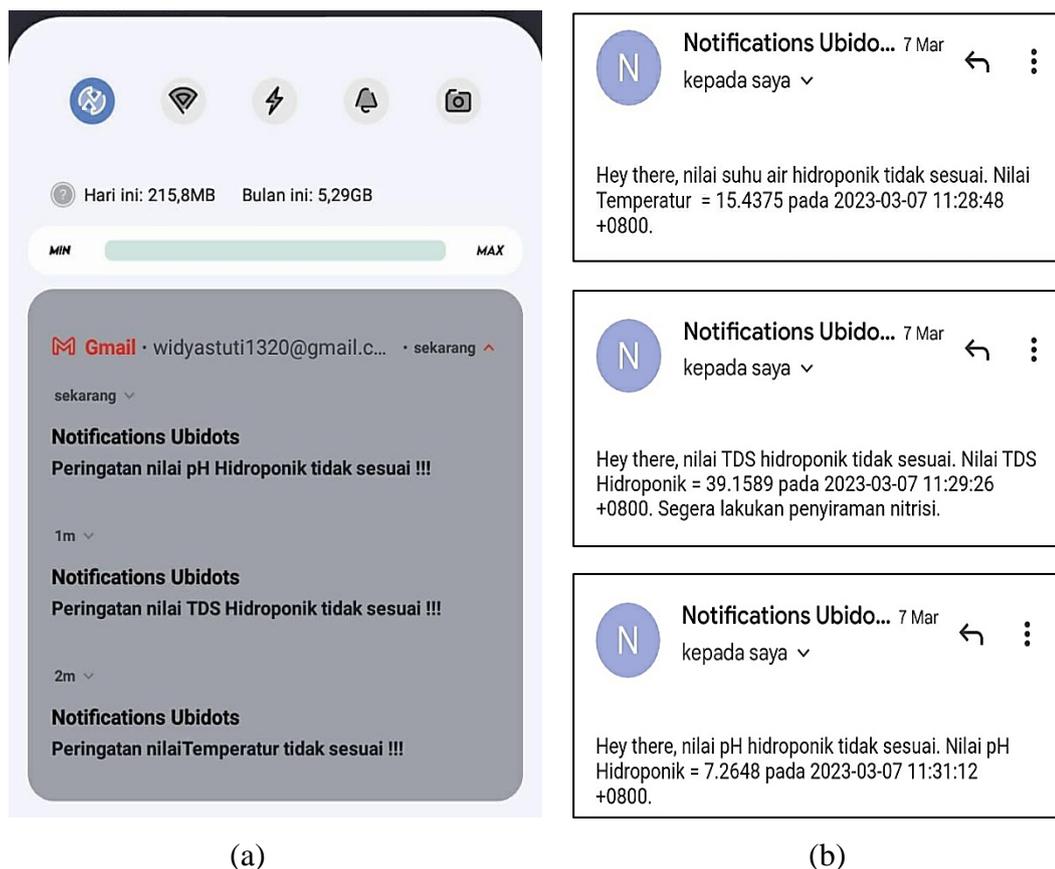
Pada Gambar 4.10 menunjukkan perbandingan nilai sensor dengan alat standar. Grafik linier dari sensor dan alat standar adalah $y = 0,9997x + 0,0758$. Nilai pada sensor menunjukkan nilai yang hampir sama mendekati nilai TDS meter dengan nilai korelasi $R^2 = 0,9998$ yang berarti, sensor ini bekerja dengan cukup akurat. Maka dari persamaan linier nilai ADC dapat digunakan dalam program Arduino IDE untuk mengubah nilai analog sensor TDS kedigital.



Gambar 4.10 Grafik perbandingan sensor TDS dengan TDS meter.

IV.4 Pengujian Notifikasi Ubidots pada *Handphone*

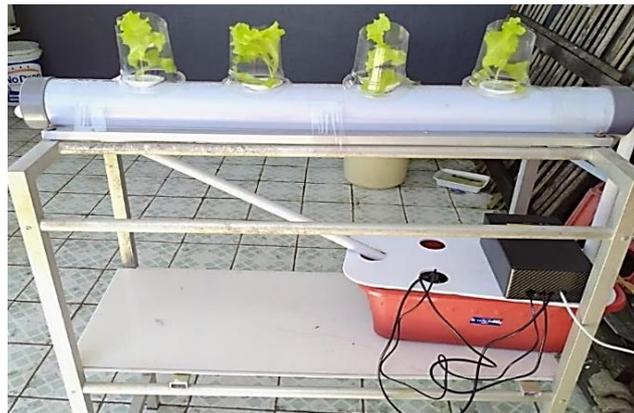
Pada penggunaan Ubidots terdapat beberapa metode pengiriman notifikasi yang dapat dilakukan baik itu SMS, telegram, email, dan panggilan suara. Ubidots belum bisa memberikan notifikasi melalui aplikasi Ubidots. Aplikasi ubidots hanya dapat digunakan untuk melihat hasil pemantauan. Jadi, pada penelitian ini notifikasi yang digunakan dengan menggunakan email sebagai tempat mengirim pesan notifikasi. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah notifikasi berhasil dikirim melalui email atau tidak. Pengaturan yang dilakukan yaitu mengatur notifikasi dengan nilai suhu air dibawah 25 °C dan diatas 30 °C. Lalu untuk nilai pH di bawah pH 6,00 dan di atas pH 7,00. Serta untuk nilai TDS di bawah 560 ppm dan di atas 840 ppm. Pengujian yang telah dilakukan dengan mengukur nilai suhu, pH dan TDS air dingin. Pada Gambar 4.11 menunjukkan notifikasi terkirim pada masing-masing sensor yang digunakan.



Gambar 4.11 (a) Tampilan notifikasi (b) tampilan pesan notifikasi dari Ubidots.

IV.5 Pengujian Sistem Pemantauan Nutrisi Hidroponik Secara Langsung

Pada pengujian sistem pemantauan nutrisi hidroponik berbasis IoT dilakukan selama 3 hari. Pada tanaman selada yang akan dipantau tidak dapat langsung ditempatkan pada penampang hidroponik. Tanaman selada perlu dilakukan penyemaian terlebih dahulu selama 14 hari untuk pemecahan bibit dan penumbuhan tunas. Pemantauan dilakukan pada tanaman selada yang berumur 26 Hari Setelah Tanam (HST) atau 12 Hari Setelah Semai (HSS). Pemantauan dilakukan pada tanggal 28 Februari 2023 jam 18:00 sampai 3 Maret 2023 jam 17:00. Parameter pemantauan yang diukur selama 24 jam berupa suhu, pH, dan TDS larutan nutrisi hidroponik. Alat pemantauan yang telah dirancang terpasang diatas penampungan air nutrisi dengan tiga sensor yang berada di dalam air hidroponik seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pemantauan hidroponik pada tanaman selada berumur 14 HSS

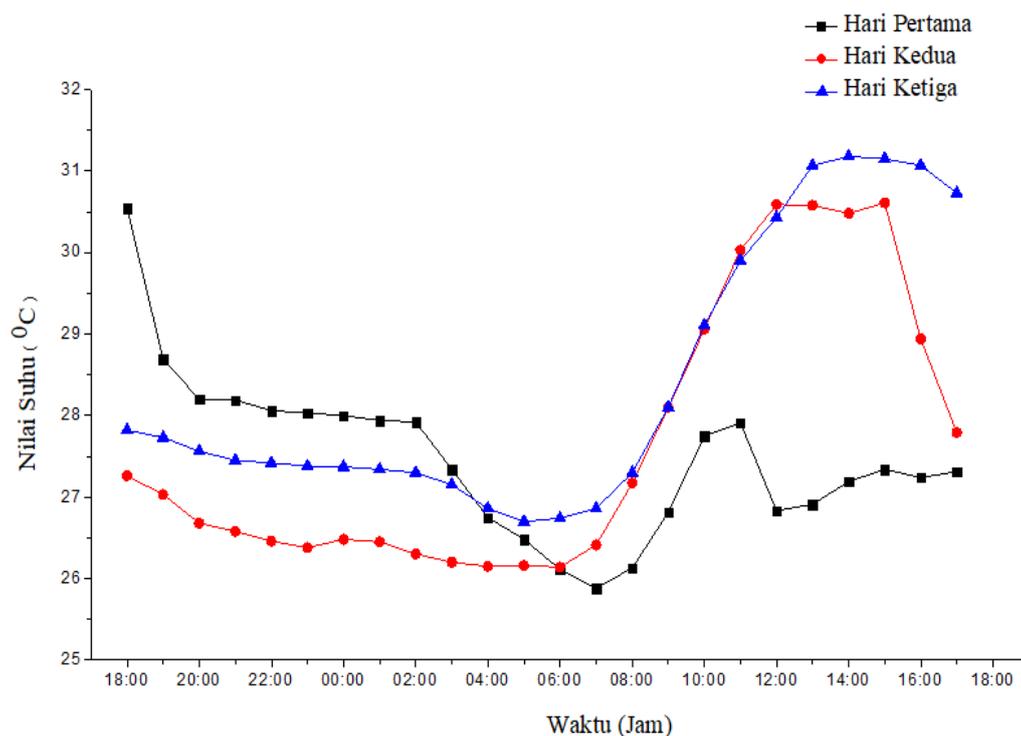
Pada Gambar 4.12 menunjukkan pemantauan pada hari ketiga pengambilan data pengukuran nutrisi air hidroponik tanaman selada dengan umur tanaman selada 14 HSS atau 28 HST. Pada hasil pengukuran data selama tiga hari didapatkan tiga data variabel pengukuran yang tersimpan di *database website* ubidots. Data pengukuran hidroponik selama tiga hari dapat dilihat pada Lampiran 8. Pada pengolahan hasil data pengukuran suhu hidroponik didapatkan grafik pengukuran seperti pada Gambar 4.13.

Hasil pengukuran suhu air hidroponik selama tiga hari pada tanggal 28 Februari jam 18:00 – 3 Maret jam 17:00 seperti pada Gambar 4.1. Pada hasil pengukuran hari pertama nilai suhu tertinggi $30,54^{\circ}\text{C}$ pada jam 18:00 dikarenakan perubahan suhu lingkungan yang terjadi hujan pada siang hari sehingga nilai suhu tertinggi ada pada sore hari. Suhu terendah $25,88^{\circ}\text{C}$ pada jam 7:00 disebabkan oleh pengaruh suhu lingkungan yang sejuk pada pagi hari yang terpapar langsung ke sistem hidroponik. Hari kedua nilai suhu tertinggi $30,59^{\circ}\text{C}$ pada jam 12:00 yang saat itu cerah, yang terendah $26,14^{\circ}\text{C}$ pada jam 6:00. Hari ketiga nilai suhu tertinggi $31,18^{\circ}\text{C}$ pada jam 14:00, yang terendah $26,70^{\circ}\text{C}$ pada jam 5:00. Hasil data tersebut dapat dilihat perubahan suhu air nutrisi dapat terjadi karena suhu lingkungan yang berubah saat terjadi perubahan iklim seperti hujan. Beberapa hal yang mendasari nilai suhu air hidroponik berubah adalah:

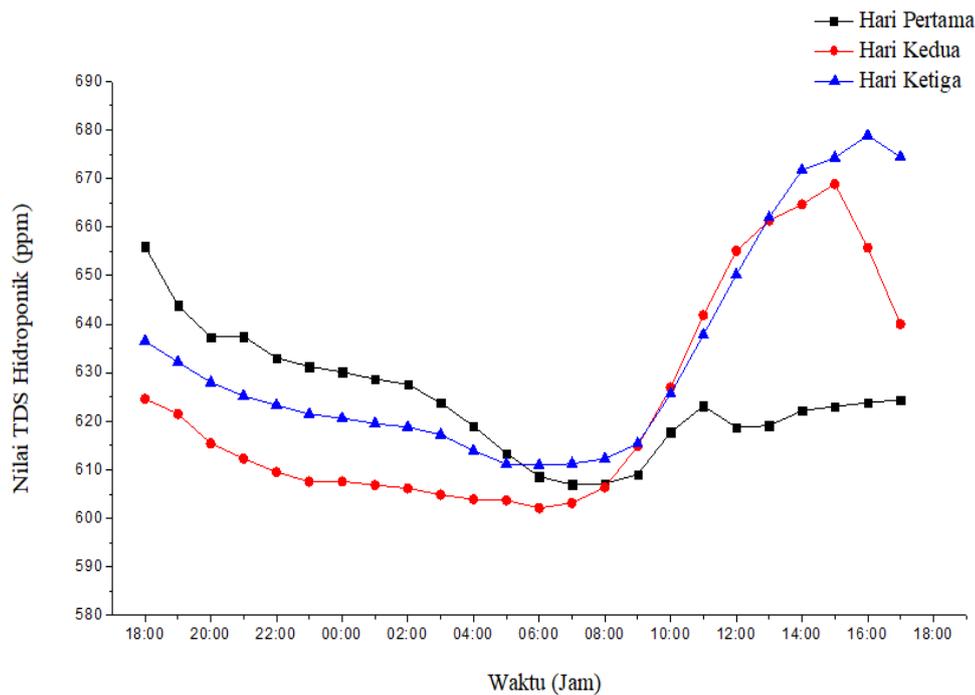
1. Air memiliki konduktivitas termal yang cukup tinggi. Saat suhu air hidroponik berubah, konduktivitas termal air memainkan peran penting dalam perpindahan panas antara air dan lingkungan sekitarnya [35].

2. Lingkungan yang terlalu panas, seperti ruangan yang tidak memiliki sistem pendingin yang memadai, dapat menyebabkan suhu air hidroponik naik. Ketika suhu naik melebihi suhu optimal tanaman, kemampuan akar untuk menyerap nutrisi dapat menurun, menyebabkan kelebihan nutrisi dalam larutan [36].
3. Proses penguapan pada air dapat menyebabkan nilai suhu menurun. Ketika air menguap, energi panas digunakan untuk mengubah air menjadi uap. Proses ini memerlukan energi, yang dikenal sebagai panas laten penguapan, yang diambil dari sekitarnya. Akibatnya, suhu air yang tersisa cenderung menurun. Ketika suhu air terlalu rendah maka dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan menyebabkan kerusakan jaringan (klorosis) pada tanaman [37].

Nilai perubahan suhu hidroponik dapat disebabkan oleh air yang memiliki konduktivitas termal yang cukup tinggi, suhu lingkungan sekitar yang terjadi karena perubahan iklim dan proses penguapan pada air nutrisi. Namun dari perubahan nilai suhu selama tiga hari menunjukkan nilai suhu yang melewati batas kriteria tanaman hidroponik yaitu 25°C - 30°C . Maka perlu pengontrolan pada nilai suhu untuk menjaga pertumbuhan tanaman tetap optimal.



Gambar 4.13 Hasil pengukuran suhu air nutrisi hidroponik



Gambar 4.14 Hasil pengukuran TDS air nutrisi hidroponik

Selanjutnya pada pengukuran TDS air hidroponik selama tiga didapatkan data seperti pada Gambar 4.14. Hasil data pada hari pertama didapatkan nilai tertinggi 656 ppm pada jam 18:00 dengan suhu 30,54 °C, pH 6,36, sedangkan nilai yang terendah 606,93 ppm pada jam 7:00 dengan suhu 25,88 °C, pH 6,33. Hal ini menyatakan semakin tinggi nilai suhu maka nilai TDS meningkat dan nilai pH akan turun. Pengaruh suhu tinggi terhadap nilai TDS disebabkan suhu yang tinggi, air dapat menampung lebih sedikit oksigen terlarut. Hal ini dapat mempengaruhi pertumbuhan akar dan kesehatan tanaman dalam sistem hidroponik. Akar yang kurang sehat tidak dapat menyerap nutrisi dengan efisiensi, yang dapat menyebabkan akumulasi nutrisi yang berlebih pada nilai TDS [38]. Sedangkan nilai pH menurun dapat disebabkan karenakan konsentrasi TDS yang meningkat, jumlah ion dalam larutan juga meningkat. Konsentrasi ion hidrogen (H^+) merupakan bagian dari total TDS maka, peningkatan jumlah ion hidrogen dapat mengakibatkan penurunan nilai pH [36,38].

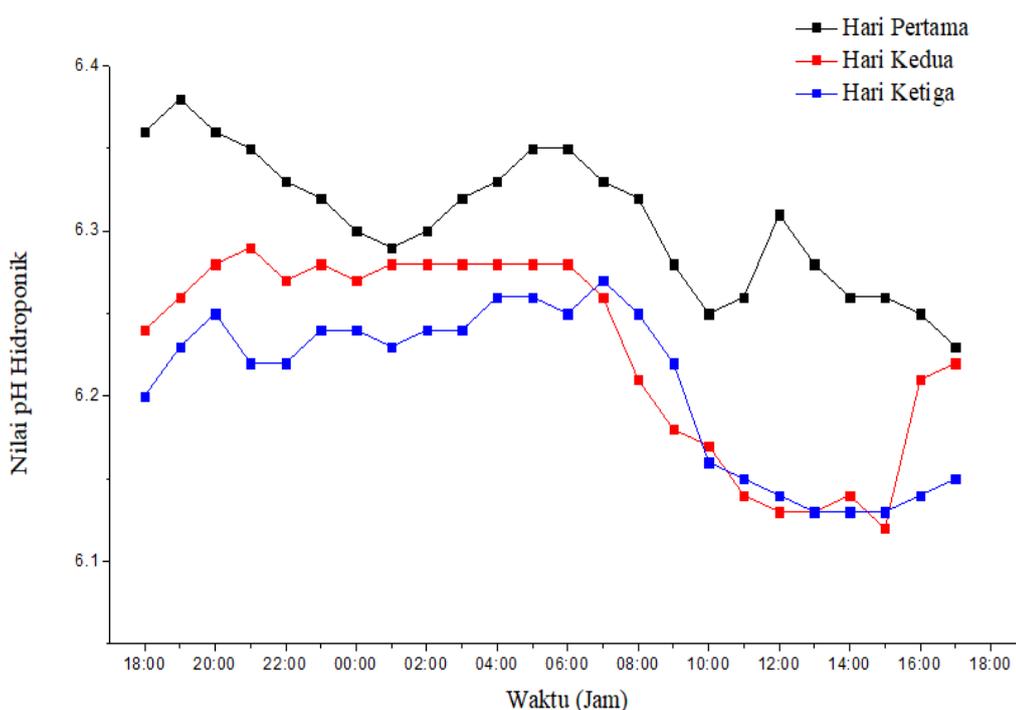
Hari kedua nilai tertinggi 668,87 ppm pada jam 15:00 dengan suhu 30,61 °C, pH 6,12, sedangkan yang terendah bernilai 602,10 pada jam 6:00 dengan suhu

26,14 °C, pH 6,28. Pada hari ketiga nilai tertinggi 678,89 ppm pada jam 16:00 dengan suhu 31,07 °C, pH 6,14, sedangkan yang terendah 610,92 ppm pada jam 6:00 dengan suhu 26,74 °C, pH 6,25. Hasil data hari kedua dan ketiga menunjukkan nilai TDS meningkat maka nilai suhu dan pH meningkat. Penyebab nilai suhu meningkatkan nilai TDS adalah saat suhu yang tinggi juga dapat menciptakan kondisi yang lebih menguntungkan bagi pertumbuhan mikroorganisme, termasuk bakteri dan jamur. Aktivitas mikroorganisme ini dapat menyebabkan dekomposisi bahan organik, yang dapat membuat nilai TDS meningkat [38]. Hal ini sedikit berbeda dengan hari pertama yang nilai pH yang turun. Penyebabnya bisa terjadi karena air nutrisi mengalami reaksi hidrolisis, ketika nutrisi menghasilkan lebih banyak ion hidroksida (OH^-) dalam reaksi hidrolisis, maka nilai pH akan meningkat [36].

Sehingga dapat disimpulkan nilai TDS dapat berubah dikarenakan perubahan suhu air nutrisi hidroponik. Hubungan nilai pH dan TDS tidak selalu terjadi, nilai pH dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, dan perubahan nilai TDS tidak selalu berarti perubahan nilai pH yang sama. Dalam beberapa kasus, perubahan nilai TDS mungkin tidak secara langsung mempengaruhi nilai pH atau bahkan dapat menyebabkan penurunan nilai pH. Penyesuaian nilai pH dan TDS dalam hidroponik harus dilakukan secara terpisah dan berdasarkan kebutuhan tanaman. Hasil data yang didapatkan selama tiga hari menunjukkan nilai TDS yang masih sesuai dengan kriteria TDS tanaman selada yaitu antara 560 – 840 ppm.

Selanjutnya pada hasil pengukuran pH nutrisi hidroponik selama tiga hari, terjadi beberapa perubahan nilai pH yang dapat dilihat pada Gambar 4.15. Hasil pengukuran pH pada hari pertama nilai pH tertinggi 6,36 pada jam 18:00 dengan suhu 30,54 °C, TDS 656 ppm, sedangkan yang terendah 6,23 jam 17:00 dengan suhu 27,31 °C, TDS 624,43 ppm. Pada hari kedua nilai pH tertinggi 6,29 pada jam 21:00 dengan suhu 26,58 °C, TDS 612,30 ppm, sedangkan yang terendah 6,12 pada jam 15:00 dengan suhu 30,61 °C, TDS 668,87 ppm. Hari ketiga nilai pH tertinggi 6,27 pada jam 7:00 dengan suhu 26,86 °C, TDS 611,22, sedangkan yang terendah 6,13 pada jam 13:00 dengan suhu 31,07 °C, TDS 661,96 ppm. Hasil data nilai pH pada hari pertama menunjukkan nilai suhu dan TDS berbanding lurus dengan nilai

pH saat nilai pH berada di titik tertinggi dan terendah namun hari kedua dan ketiga nilai suhu dan TDS justru berbanding terbalik. Hal ini dikarenakan perubahan nilai pH dalam larutan hidroponik tidak secara langsung menyebabkan perubahan TDS dan suhu air hidroponik begitupun sebaliknya. pH dan suhu adalah parameter yang saling independen dan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berbeda dalam sistem hidroponik. Peningkatan pH umumnya disebabkan oleh peningkatan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam larutan, sedangkan suhu air hidroponik dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu lingkungan, suhu air asal, dan pengaturan suhu dalam sistem hidroponik [36].



Gambar 4.15 Hasil pengukuran pH air nutrisi hidroponik

Menurut Savvas, D., dan Passam, H.C. (2018), penyebab nilai pH berubah-ubah dapat disebabkan oleh larutan nutrisi hidroponik cenderung bersifat asam karena aktivitas akar tanaman yang mengeluarkan asam organik. Namun, jika kadar asam dalam larutan turun, maka pH dapat naik. Hal ini disebabkan oleh penyerapan nutrisi yang berlebihan oleh tanaman. penyebab nilai pH berubah juga dapat disebabkan sistem aerasi yang tidak cukup baik, akar tanaman dapat mengalami

kekurangan oksigen. Ini dapat menyebabkan akumulasi senyawa asam dalam akar, yang pada gilirannya dapat menurunkan pH larutan nutrisi [38].

Sehingga dapat disimpulkan nilai pH hidroponik dapat berubah karena proses penyerapan nutrisi yang tidak stabil dan sistem aerasi yang tidak cukup baik. Namun dari perubahan nilai pH yang didapatkan selama tiga hari menunjukkan nilai pH yang masih sesuai dengan kriteria pH tanaman selada yaitu diantara pH 6,00 – 7,00. Maka untuk menjaga nilai pH tetap stabil sesuai kriteria perlu pengontrolan pada nilai pH untuk menjaga pertumbuhan tanaman tetap optimal.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Sistem pemantauan kadar nutrisi hidroponik pada tanaman selada berbasis IoT berhasil dirancang dan dibuat. Platform IoT yang digunakan adalah ubidots yang dapat diakses melalui website dan aplikasi yang menggunakan protokol HTTP dan MQTT dengan menggunakan bahasa programan Javascript. Aplikasi yang digunakan untuk memprogram sensor adalah Arduino IDE. Sistem ini dirancang dan dibuat dengan menggunakan perangkat keras berupa LCD 16×2, sensor suhu, pH, dan TDS serta mikrolontroler yang dirakit untuk memantau kadar nutrisi hidroponik.
2. Sistem pemantauan kadar nutrisi dilakukan pengujian dengan mengkalibrasi masing-masing sensor yang digunakan. Hasil kalibrasi yang didapatkan sensor suhu DS18B20 adalah tingkat akurasi 99,53%, sensor pH-4502C memiliki akurasi sebesar 99,18% dan sensor TDS memiliki akurasi sebesar 99,29%.
3. Pengaruh suhu dan pH terhadap kadar nutrisi pada sistem pemantauan hidroponik. Hasil data pengukuran selama tiga hari didapatkan nilai suhu berbanding lurus dengan jumlah kadar nutrisi. Pada suhu lebih tinggi, kecepatan reaksi kimia dalam air meningkat, dapat meningkatkan kelarutan nutrisi. Sebaliknya nilai pH tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar nutrisi. Nilai pH dapat berubah karena proses reaksi kimia saat penyerapan nutrisi yang tidak stabil dan sistem aerasi yang tidak cukup baik.

V.2 Saran

Adapun saran untuk perkembangan penelitian ini selanjutnya yaitu:

1. Menambahkan pengontrolan pendingin udara saat siang hari untuk menjaga suhu air tetap stabil tidak melewati kriteria yang diinginkan.
2. Menggunakan solar panel sebagai sumber tegangan untuk mengatasi kehabisan baterai pada *powerbank*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Fitria, F. Rahmah, dan A. Sahro. "Mockup as Internet of Things Application for Hydroponics Plant Monitoring System". *International Journal of Advanced Science and Technology*, Vol. 29, No. 5: 5157-5164, 2020.
- [2] A. M. Rifqi, M. Maemunah, dan R. Yusuf. "Aplikasi Beberapa Sistem Hidroponik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)." *AGROTEKBIS: E-Jurnal Ilmu Pertanian*, Vol.8, No.2: 309-316, 2020.
- [3] M. Prisma, R. P. Prastio, H. F. A. Kusuma, A. Abror, P. Vigneshwaran, D. F. Priambodo, dan D. S. Alif. "Instrumentation System for Data Acquisition and Monitoring of Hydroponic Farming Using ESP32 via Google Firebase". *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, Vol. 27, No.1:52-61, 2022.
- [4] F. H. Azimi, S. R. Aw, L. S. Syafie, R. S. N. A. R. Aris, K. I. Fikri, dan W. R. W. Shafie. "IoT Monitoring in NFT Hydroponic System Using Blynk-an Android Platform". *International Journal of Synergy in Engineering and Technology*, Vol. 1, No.1:1-10, 2020.
- [5] P. E. Kumala, S. Ma'shumah, dan M. I. Faud. "Analisis Performa Sistem Kendali pH dan TDS Terlarut Berbasis Internet of Things Pada Sistem Hidroponik DFT." *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, Vol. 5, No.1: 1-9. 2022.
- [6] S. Sungkono, dan A. Pracoyo. "Sistem Otomatisasi Perawatan Hidroponik pada Tanaman Kangkung Berbasis IoT." *Jurnal Elkolind: Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*. Vol. 8, No. 3: 279-284, 2021.
- [7] R. Arifah, I. A. Lestari, dan Y. Mulyaningsih. "Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.) Pada Berbagai Media Tanam dan Konsentrasi Nutrisi Pada Sistem Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT)". *JURNAL AGRONIDA*, Vol. 8, No. 1: 31-39, 2022.

- [8] M. I. Fernando, S. Hasibuan, dan R. C. H. Mawarni. "Pengaruh Nutrisi Mix dan Media Tanam Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) Secara Hidroponik dengan Sistem Wick." *Bernas: Jurnal Penelitian Pertanian*, Vol. 15, No.1: 82-90, 2019.
- [9] W. D. Ratna, dan W. Sholihah. "Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino". *Jurnal Multinetics*, Vol. 7, No. 1: 12-21, 2021.
- [10] P. Vaibhav, A. Zaheer, dan Kiran George. "Fully Automated Hydroponic System for Indoor Plant Growth." *Procedia Computer Science*, hal: 482-488, 2018.
- [11] M. Manav, dkk. "IoT Based Hydroponics System Using Deep Neural Networks." *Computers and electronics in agriculture*, hal: 473-486, 2018.
- [12] S. Anurag, dkk. "Automatic Robotic System Design and Development for Vertical Hydroponic Farming Using IoT and Big Data Analysis." *Materials Today: Proceedings*, hal:1-8, 2021.
- [13] F. Ahmad, dan R. Fahlefi. "Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis Arduino Uno." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, Vol. 3, No.1: 84-94, 2022.
- [14] W. P. P. N. Safiroh, G. F. Nama, dan M. Komarudin. "Sistem Pengendalian Kadar pH dan Penyiraman Tanaman Hidroponik Model Wick System". *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, Vol. 10, No. 1: 17-23, 2022.
- [15] K. P. Edi, Sugiartowo, dan N. L. A. Wicahyani. "Automasi Hidroponik Indoor Sistem Wick dengan Pengaturan Penyinaran Menggunakan Growing Lights dan Pemberitahuan Nutrisi Berbasis SMS Gateway". *Prosiding Semnastek*. hal: 1-8. 2019.
- [16] Mahmuda, Safirah, Sutini, dan P. Nugrahani. "Pengaruh Konsentrasi AB mix dan POC Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Baby Kailan dengan Sistem Hidroponik DFT". *Jurnal AGROHITA: Jurnal Agroteknologi*, Vol.7, No.3: 533-538, 2022.

- [17] F. Fitmawati, dkk. "Penerapan Teknologi Hidroponik Sistem Deep Flow Technique sebagai Usaha Peningkatan Pendapatan Petani di Desa Sungai Bawang". *Riau Journal of Empowerment*, Vol.1, No.1: 23-29. 2018.
- [18] A. Beben, T. Nopsagiarti, dan Mashadi. "Pengaruh Pemberian Berbagai Konsentrasi Larutan Nutrisi AB Mix Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Selada (*Lactuca Sativa L.*) Hidroponik Sistem Floating". *Green Swarnadwipa: Jurnal Pengembangan Ilmu Pertanian*, Vol. 9, No.2: 185-195, 2020.
- [19] C. Fanharis, dan D. Dzulkiplih. "IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, dan Total Dissolved Solids (TDS)." *Inovasi Fisika Indonesia*, Vol. 11, No.3: 46-56, 2022.
- [20] H. Tholib, A. Mahdalena, dan H. Ashoumi. "Automatic Water Temperature Control System In Hydroponic Plants With Peltier Tec1 12706 and Temperature Sensors DS18B20". *Multidiscipline International Conference*, Vol. 1, No. 1, 2021.
- [21] E. Harlan, dan R. Puspitaningrum. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pemakaian Air PAM dan Mutu Air Pada Komplek Perumahan dengan Jaringan Nirkabel Lora Berbasis Arduino Uno." *Sinusoida*, Vol. 23, No.1: 50-60, 2021.
- [22] D. A. Riski, A. Muhtar, dan T. Kasnalestari. "Implementasi Pemantauan dan Kontrol Otomatis Nutrisi Selada pada Hidroponik". *Jurnal Elektron*, 2021.
- [23] W. A. Kunto dan C. D. Erik. "Rancang Bangun Monitoring pH Meter Digital Berbasis *Interface Delphin 7*". *Jurnal Sains dan Tegnologi*, Vol. 1, No. 1: 1-7, 2022.
- [24] A. Zulfian, Saniman, dan Ishak. "Sistem Penghitung pH Air pada Tambak Ikan Berbasis Mikrokontroller". *Jurnal Sainskom*. Vol. 15, No. 2: 101-108, 2016.
- [25] D. Desmira, Aribowo, dan R. Pratama. "Penerapan Sensor pH pada Area Elektrolizer Di PT. Sulfindo Adiusaha". *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, Vol. 5, No. 1: 9-12, 2018.

- [26] Y. Mochammad, S. D. Joko, dan S. Andi. "Implementasi dan Perancangan Pengukur Tinggi Badan Menggunakan Sensor Ultrasonik". *Jurnal Pseudocode*, Vol. 8, No. 1: 90-97, 2021.
- [27] H. Kusumah, dan P. A. Restu. "Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler dan Internet of Things berbasis ESP32 Pada Mata Kuliah Interfacing". *Journal Cerita*, Vol. 5, No.2: 120-134, 2019.
- [28] Muliadi, Al Imran, dan R. Muhammad. "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP 32". *Jurnal Media Elektrik*, Vol. 17, No. 2: 73-79, 2020.
- [29] P. A. Tri, dan R. Risfendra. "Penggunaan Aplikasi Ubidots untuk Sistem Kontrol dan Monitoring pada Gudang Gula Berbasis Arduino UNO." *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, Vol.2, No.1: 40-48, 2021.
- [30] R. A. Koestoer, Y. A. Saleh, I. Roihan, dan Harinaldi. "A Simple Method for Calibration of Temperature Sensor DS18B20 Waterproof in Oil Bath Based on Arduino Data Acquisition System". *In AIP Conference Proceedings*. Vol. 2062, No. 1: 020006-1 – 020006-8, 2019.
- [31] S. A. Ghofur, H. Susilawati dan T. A. Wiharso. "Rancang Bangun Filtrasi Air Portabel Berbasis Arduino Uno". *Jurnal FUSE-Teknik Elektro*. Vol.2, No.2: 116-125, 2022.
- [32] S. Dudala, S. K. Dubey, dan S. Goel. "Microfluidic Soil Nutrient Detection System: Integrating Nitrite, pH, and Electrical Conductivity Detection". *IEEE Sensors Journal*. Vol.20, No.8: 4504-4511, 2020.
- [33] A. Anggraeni dan H. Triajie. "Uji Kemampuan Bakteri (*Pseudomonas Aeruginosa*) dalam Proses Biodegradasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), di Perairan Timur Kamal Kabupaten Bangkalan". *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*. Vol.2, No.3: 176-185, 2021.
- [34] O. N. Samijayani, dkk. "Hybrid ZigBee and WiFi Wireless Sensor Networks for Hydroponic Monitoring". *In 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE)*. (pp. 1-4). IEEE. 2020.

- [35] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, dan A. S. Lavine. Fundamentals of heat and mass transfer. New York: Wiley. 1996.
- [36] H. M. Resh. Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for The Advanced Home Gardener and The Commercial Hydroponic Grower. CRC press. 2022.
- [37] Y. Cengel, dan J. Cimbala. Fluid mechanics fundamentals and applications. McGraw Hill. 2013.
- [38] S.Maekawa, Y. Ueda, dan S. Yanagisawa. Overexpression of a Brix Domain-Containing Ribosome Biogenesis Factor ARPF2 and its Interactor ARRS1 Causes Morphological Changes and Lifespan Extension in Arabidopsis Thaliana. *Frontiers in plant science*, 9, 1177. 2018.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Programan untuk menghubungkan mikrokontroler ke Ubidots

```
Lengkap2 | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

Lengkap2 $
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <EEPROM.h>
#include "GravityTDS.h"
#include "UbidotsEsp32Mqtt.h"

#define TdsSensorPin 34
#define EEPROM_SIZE 512
#define DS18B20PIN 16
/*****
 * Define Constants
 *****/
OneWire oneWire(DS18B20PIN);
DallasTemperature sensor(&oneWire);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
GravityTDS gravityTds;

const char *UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-drH3FLWPswG9TJUz0F5SSIfnB3Hutk"; // Put here your Ubidots TOKEN
const char *WIFI_SSID = "tselhome-F7D5"; // Put here your Wi-Fi SSID
const char *WIFI_PASS = "Anti030498"; // Put here your Wi-Fi password
const char *DEVICE_LABEL = "pemantauan-hidroponik"; // Put here your Device label to which data will be published
const char *VARIABLE_LABEL_1 = "temperatur-air"; // Put here your Variable label to which data will be published
const char *VARIABLE_LABEL_2 = "ph-hidroponik";
const char *VARIABLE_LABEL_3 = "tds-hidroponik";
const int PUBLISH_FREQUENCY = 5000; // Update rate in milliseconds
unsigned long timer;
Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN);
```

```
Lengkap2 | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

Lengkap2 $
gravityTds.setTemperature(temperature); // set the temperature and execute temperature compensation
gravityTds.update(); //sample and calculate
tdsValue = gravityTds.getTdsValue(); // then get the value
//tdsValue = (voltage + 0.0411)/0.0024;
sensor.requestTemperatures();
float tempinC = sensor.getTempCByIndex(0);
int dataadc = analogRead(35);
ph = (dataadc* - 0.0042) + 19.071;
delay(1000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("T:");
lcd.print(tempinC);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print("PH:");
lcd.print(ph);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("TDS:");
lcd.print(tdsValue);
lcd.print("ppm");
delay(1000);
ubidots.add(VARIABLE_LABEL_1, tempinC);
ubidots.add(VARIABLE_LABEL_2, ph); // Insert your variable Labels and the value to be sent
ubidots.add(VARIABLE_LABEL_3, tdsValue);
ubidots.publish(DEVICE_LABEL);
timer = millis();
}
ubidots.loop();
}
```

Lampiran 2. Tabel data kalibrasi sensor suhu

No.	<i>Thermometer</i> (°C)	<i>Sensor Suhu</i> (°C)	<i>Error</i> (%)
1	0,00	0,31	0,00
2	1,00	1,05	5,00
3	2,00	2,06	3,00
4	3,00	3,00	0,00
5	4,00	3,94	1,50
6	5,00	4,94	1,20
7	6,00	6,12	2,00
8	7,00	7,01	0,14
9	8,00	8,00	0,00
10	9,00	9,00	0,00
11	10,00	10,13	1,30
12	11,00	11,00	0,00
13	12,00	12,06	0,50
14	13,00	12,94	0,46
15	14,00	14,06	0,43
16	15,00	14,94	0,40
17	16,00	16,12	0,75
18	17,00	17,12	0,71
19	18,00	18,06	0,33
20	19,00	19,00	0,00
21	20,00	20,06	0,30
22	21,00	21,06	0,29
23	22,00	22,00	0,00
24	23,00	22,94	0,26
25	24,00	24,00	0,00
26	25,00	24,94	0,24
27	26,00	26,06	0,23

No.	<i>Thermometer</i> (°C)	<i>Sensor Suhu</i> (°C)	<i>Error</i> (%)
28	27,00	27,00	0,00
29	28,00	28,12	0,43
30	29,00	29,19	0,66
31	30,00	30,37	1,23
32	31,00	31,06	0,19
33	32,00	32,00	0,00
34	33,00	33,00	0,00
35	34,00	34,06	0,18
36	35,00	35,06	0,17
37	36,00	36,19	0,53
38	37,00	36,94	0,16
39	38,00	38,06	0,16
40	39,00	39,19	0,49
41	40,00	40,13	0,33
42	41,00	41,06	0,15
43	42,00	42,00	0,00
44	43,00	43,19	0,44
45	44,00	44,00	0,00
46	45,00	45,19	0,42
47	46,00	46,13	0,28
48	47,00	47,13	0,28
49	48,00	48,00	0,00
50	49,00	49,19	0,39
51	50,00	50,31	0,62
52	51,00	51,06	0,12
53	52,00	52,19	0,37
54	53,00	53,38	0,72
55	54,00	54,13	0,24
56	55,00	55,25	0,45

No.	<i>Thermometer</i> (°C)	<i>Sensor Suhu</i> (°C)	<i>Error</i> (%)
57	56,00	56,25	0,45
58	57,00	57,50	0,88
59	58,00	58,44	0,76
60	59,00	59,31	0,53
61	60,00	60,19	0,32
62	61,00	61,25	0,41
63	62,00	62,44	0,71
64	63,00	63,31	0,49
65	64,00	64,37	0,58
66	65,00	65,56	0,86
67	66,00	66,31	0,47
68	67,00	67,25	0,37
69	68,00	68,31	0,46
70	69,00	69,19	0,28
71	70,00	70,25	0,36
72	71,00	71,19	0,27
73	72,00	72,12	0,17
74	73,00	73,12	0,16
75	74,00	74,37	0,50
76	75,00	75,56	0,75
77	76,00	76,56	0,74
78	77,00	77,56	0,73
79	78,00	78,25	0,32
80	79,00	79,31	0,39
81	80,00	80,50	0,63
82	81,00	81,06	0,07
83	82,00	82,31	0,38
84	83,00	83,44	0,53
85	84,00	84,69	0,82

No.	<i>Thermometer (°C)</i>	<i>Sensor Suhu (°C)</i>	<i>Error (%)</i>
86	85,00	85,56	0,66
87	86,00	86,31	0,36
88	87,00	87,19	0,22
89	88,00	88,06	0,07
90	89,00	89,19	0,21
91	90,00	90,25	0,28
92	91,00	91,25	0,27
93	92,00	92,19	0,21
94	93,00	93,31	0,33
95	94,00	94,25	0,27
96	95,00	95,19	0,20
97	96,00	96,37	0,39
98	97,00	97,31	0,32
99	98,00	98,37	0,38
100	99,00	99,55	0,56
101	100,00	100,54	0,54
Total Nilai Rata-Rata <i>Error</i>			0,47
Nilai Akurasi			99,53

Lampiran 3. Konversi nilai ADC sensor pH-4502C ke nilai digital

1. Untuk nilai ADC 4095

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (4095) + 21,518$$

$$y = 1,04$$

6. Untuk nilai ADC 3111

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (3111) + 21,518$$

$$y = 5,96$$

2. Untuk nilai ADC 3910

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (3910) + 21,518$$

$$y = 1,97$$

7. Untuk nilai ADC 2910

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (2910) + 21,518$$

$$y = 6,97$$

3. Untuk nilai ADC 3710

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (3710) + 21,518$$

$$y = 2,97$$

8. Untuk nilai ADC 2704

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (2704) + 21,518$$

$$y = 7,99$$

4. Untuk nilai ADC 3500

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (3500) + 21,518$$

$$y = 4,02$$

9. Untuk nilai ADC 2468

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (2468) + 21,518$$

$$y = 9,17$$

5. Untuk nilai ADC 3313

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (3313) + 21,518$$

$$y = 4,95$$

10. Untuk nilai ADC 2298

$$y = mx + b$$

$$y = -0,005 x + 21,518$$

$$y = -0,005 (2298) + 21,518$$

$$y = 10,03$$

Lampiran 4. Tabel perbandingan nilai sensor pH-4502C dengan pH meter

Larutan pH Buffer	Nilai Sensor	Alat Standar pH Meter	<i>Error (%)</i>
1,0	1,04	1,01	2,97
2,0	1,97	2,00	1,50
3,0	2,97	3,00	1,00
4,0	4,02	4,00	0,50
5,0	4,95	5,00	1,00
6,0	5,96	6,00	0,67
7,0	6,97	7,00	0,43
8,0	7,99	8,00	0,12
9,0	9,17	9,18	0,11
10,0	10,03	10,01	0,20
Total Nilai Rata-Rata <i>Error</i>			0,85
Nilai Akurasi			99,15%

Lampiran 5. Perhitungan dalam membuat larutan konsentrasi 100 ppm – 1000 ppm

1. Larutan induk 1000 ppm

$$\begin{aligned} \text{Massa garam (mg)} &= 1000 \text{ ppm} \times 0.1 \text{ liter} \\ &= 100 \text{ mg} \end{aligned}$$

2. larutan pengenceran 100 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 10 \text{ ml}$$

3. larutan pengenceran 200 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 200 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 20 \text{ ml}$$

4. larutan pengenceran 300 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 300 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 30 \text{ ml}$$

5. larutan pengenceran 400 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 400 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 40 \text{ ml}$$

6. larutan pengenceran 500 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 500 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 50 \text{ ml}$$

7. larutan pengenceran 600 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 600 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 60 \text{ ml}$$

8. larutan pengenceran 700 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 700 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 70 \text{ ml}$$

9. larutan pengenceran 800 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 800 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 80 \text{ ml}$$

10. larutan pengenceran 900 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 900 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 90 \text{ ml}$$

Lampiran 6. Konversi nilai ADC sensor TDS kenilai digital

1. Untuk nilai ADC 0
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (0) - 9,642$
 - $y = -9,64$
2. Untuk nilai ADC 295
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (295) - 9,642$
 - $y = 103,40$
3. Untuk nilai ADC 564
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (564) - 9,642$
 - $y = 206,48$
4. Untuk nilai ADC 825
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (825) - 9,642$
 - $y = 306,50$
5. Untuk nilai ADC 1067
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (1067) - 9,642$
 - $y = 399,23$
6. Untuk nilai ADC 1328
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
7. Untuk nilai ADC 1614
 - $y = 0,3832 (1328) - 9,642$
 - $y = 499,25$
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (1614) - 9,642$
 - $y = 608,84$
8. Untuk nilai ADC 1862
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (1862) - 9,642$
 - $y = 703,88$
9. Untuk nilai ADC 2122
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (2122) - 9,642$
 - $y = 803,51$
10. Untuk nilai ADC 2371
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (2371) - 9,642$
 - $y = 898,93$
11. Untuk nilai ADC 2619
 - $y = mx + b$
 - $y = 0,3832x - 9,642$
 - $y = 0,3832 (2629) - 9,642$
 - $y = 993,96$

Lampiran 7. Tabel perbandingan nilai sensor TDS dengan TDS meter

Larutan Kadar Garam	Nilai ADC	TDS Meter	Nilai Sensor	<i>Error (%)</i>
0 ppm	0	0	-9,64	0
100 ppm	295	101	103,40	2,38
200 ppm	564	202	206,48	2,22
300 ppm	825	303	306,50	1,15
400 ppm	1067	398	399,23	0,31
500 ppm	1328	501	499,25	0,35
600 ppm	1614	605	608,84	0,64
700 ppm	1862	703	703,88	0,12
800 ppm	2122	804	803,51	0,06
900 ppm	2371	900	898,93	0,12
1000 ppm	2619	998	993,96	0,40
Nilai Rata-Rata <i>Error</i>				0,71
Nilai Akurasi				99,29

Lampiran 8. Tabel Hasil Pemantauan Hidroponik

No.	Waktu	Sensor Suhu (⁰C)	Sensor TDS (ppm)	Sensor pH
1	2/28/2023 18:00	30,54	656,00	6,36
2	2/28/2023 19:00	28,69	643,86	6,38
3	2/28/2023 20:00	28,20	637,31	6,36
4	2/28/2023 21:00	28,19	637,48	6,35
5	2/28/2023 22:00	28,06	633,04	6,33
6	2/28/2023 23:00	28,03	631,28	6,32
7	3/1/2023 0:00	28,00	630,12	6,30
8	3/1/2023 1:00	27,94	628,70	6,29
9	3/1/2023 2:00	27,92	627,58	6,30
10	3/1/2023 3:00	27,34	623,78	6,32
11	3/1/2023 4:00	26,75	618,98	6,33
12	3/1/2023 5:00	26,48	613,40	6,35
13	3/1/2023 6:00	26,11	608,55	6,35
14	3/1/2023 7:00	25,88	606,93	6,33
15	3/1/2023 8:00	26,13	607,17	6,32
16	3/1/2023 9:00	26,81	609,03	6,28
17	3/1/2023 10:00	27,75	617,71	6,25
18	3/1/2023 11:00	27,91	623,13	6,26
19	3/1/2023 12:00	26,83	618,74	6,31
20	3/1/2023 13:00	26,91	619,07	6,28
21	3/1/2023 14:00	27,19	622,16	6,26
22	3/1/2023 15:00	27,34	623,06	6,26
23	3/1/2023 16:00	27,24	623,80	6,25
24	3/1/2023 17:00	27,31	624,43	6,23
25	3/1/2023 18:00	27,26	624,61	6,24
26	3/1/2023 19:00	27,03	621,50	6,26

No.	Waktu	Sensor Suhu (⁰C)	Sensor TDS (ppm)	Sensor pH
27	3/1/2023 20:00	26,68	615,42	6,28
28	3/1/2023 21:00	26,58	612,30	6,29
29	3/1/2023 22:00	26,46	609,50	6,27
30	3/1/2023 23:00	26,38	607,56	6,28
31	3/2/2023 0:00	26,48	607,59	6,27
32	3/2/2023 1:00	26,45	606,81	6,28
33	3/2/2023 2:00	26,30	606,17	6,28
34	3/2/2023 3:00	26,20	604,83	6,28
35	3/2/2023 4:00	26,15	603,89	6,28
36	3/2/2023 5:00	26,16	603,69	6,28
37	3/2/2023 6:00	26,14	602,10	6,28
38	3/2/2023 7:00	26,41	603,15	6,26
39	3/2/2023 8:00	27,17	606,36	6,21
40	3/2/2023 9:00	28,10	614,85	6,18
41	3/2/2023 10:00	29,06	626,89	6,17
42	3/2/2023 11:00	30,03	641,84	6,14
43	3/2/2023 12:00	30,59	655,10	6,13
44	3/2/2023 13:00	30,58	661,32	6,13
45	3/2/2023 14:00	30,48	664,71	6,14
46	3/2/2023 15:00	30,61	668,87	6,12
47	3/2/2023 16:00	28,94	655,75	6,21
48	3/2/2023 17:00	27,79	639,97	6,22
49	3/2/2023 18:00	27,82	636,52	6,20
50	3/2/2023 19:00	27,73	632,20	6,23
51	3/2/2023 20:00	27,56	628,00	6,25
52	3/2/2023 21:00	27,45	625,20	6,22
53	3/2/2023 22:00	27,42	623,30	6,22
54	3/2/2023 23:00	27,38	621,45	6,24

No.	Waktu	Sensor Suhu (⁰C)	Sensor TDS (ppm)	Sensor pH
55	3/3/2023 0:00	27,37	620,60	6,24
56	3/3/2023 1:00	27,34	619,51	6,23
57	3/3/2023 2:00	27,30	618,79	6,24
58	3/3/2023 3:00	27,15	617,23	6,24
59	3/3/2023 4:00	26,86	613,91	6,26
60	3/3/2023 5:00	26,70	611,16	6,26
61	3/3/2023 6:00	26,74	610,92	6,25
62	3/3/2023 7:00	26,86	611,22	6,27
63	3/3/2023 8:00	27,30	612,28	6,25
64	3/3/2023 9:00	28,10	615,36	6,22
65	3/3/2023 10:00	29,11	625,63	6,16
66	3/3/2023 11:00	29,90	637,77	6,15
67	3/3/2023 12:00	30,43	650,16	6,14
68	3/3/2023 13:00	31,07	661,96	6,13
69	3/3/2023 14:00	31,18	671,76	6,13
70	3/3/2023 15:00	31,15	674,31	6,13
71	3/3/2023 16:00	31,07	678,89	6,14
72	3/3/2023 17:00	30,73	674,46	6,15