

**SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN SPIRULINA  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**MUHAMMAD FAIZ FATHONI**

**NIM. 16650081**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

**SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN SPIRULINA  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**MUHAMMAD FAIZ FATHONI**

**NIM. 16650081**

**Diajukan kepada:**

**Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang Untuk  
Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar Sarjana  
Komputer (S.Kom)**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG**

**2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN SPIRULINA  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**MUHAMMAD FAIZ FATHONI**

**NIM. 16650081**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji Tanggal :  
13 Juni 2022

Dosen Pembimbing I



Juniardi Nur Fadila, MT  
NIP. 19920605 201903 1 015

Dosen Pembimbing II



Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM  
NIP. 19771020 200912 1 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM  
NIP. 19771020 200912 1 001

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN SPIRULINA  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**


**Oleh:**


**MUHAMMAD FAIZ FATHONI**


**NIM. 16650081**


Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima  
sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
(S.Kom) Tanggal: 13 Juni 2022

**Susunan Dewan Penguji**

Penguji Utama : Ajib Hanani, M.T (  )  
NIDT. 19840731 20160801 1 076

Ketua Penguji : Johan Ericka Wahyu P, M.Kom (  )  
NIP. 19831213 201903 1 004

Sekretaris Penguji : Juniardi Nur Fadila, MT (  )  
NIP. 19920605 201903 1 015

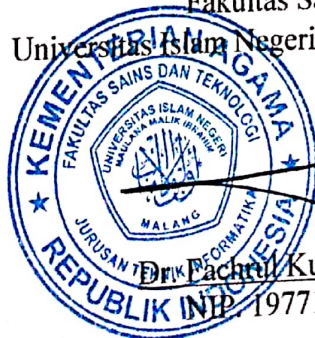
Anggota Penguji : Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM (  )  
NIP. 19771020 200912 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM  
19771020 200912 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Faiz Fathoni

NIM : 16650081

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Spirulina  
Berbasis *Internet Of Things*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benarbenar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 Juni 2022  
Yang Membuat Pernyataan,



Muhammad Faiz Fathoni  
NIM 16650081

**HALAMAN MOTTO**

**"APAPUN YANG MENJADI TAKDIRMU AKAN MENCARI JALANNYA  
MENEMUKANMU."**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT  
Shalawat serta salam kepada Rasulullah SAW

Dengan segenap hati, penulis mempersembahkan sebuah karya ini kepada:

Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak Dr. Gigih Priyandoko, M.T dan Ibu Amik Purbowati serta keluarga dirumah yang selalu membimbing penulis, memberikan do'a, dukungan, serta motivasi yang tidak terhingga.

Dosen pembimbing Juniardi Nur Fadila, M.T dan Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM yang telah membimbing penelitian ini dengan memberikan banyak pengarahan dan pengalaman yang berharga.

Ajib Hanani, M.T dan Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom, selaku Dosen Penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.

Seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan seluruh guru-guru penulis yang telah membimbing dan memberikan ilmunya yang sangat bermanfaat.

Keluarga Teknik Informatika yang telah memberikan semangat, bantuan dan doanya hingga skripsi ini selesai.

Orang-orang yang tak bisa penulis sebutkan satu per satu yang selalu memberikan semangat dan motivasi serta dapat meluangkan waktu kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis ucapkan “jazakumullah khairan katsiiraa”. Semoga ukhuwah tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah SWT. Aamiin Ya Rabbal ‘Alamiin.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Spirulina Berbasis *Internet of Things*” ini dengan lancar dan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik begitu juga keluarga, para sahabat dan para pengikutnya seluruh umat Islam. Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Skripsi ini.

Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Juniardi Nur Fadilah, M.T dan Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT selaku dosen
5. pembimbing Skripsi, yang telah banyak memberikan pengarahan dan pengalaman yang berharga.

6. Ajib Hanani, M.T dan Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom, selaku Dosen Penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.
7. Segenap sivitas akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
8. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan doa dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu.
9. Anggota keluarga dan kerabat yang selalu memberikan do'a dan semangat kepada penulis.
10. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini baik berupa materiil maupun moril yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu tanpa mengurasi rasa hormat dan terimakasih.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga Skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

Aamiin Ya Rabbal 'Alamin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 14 Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>المخلص.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Pernyataan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Penelitian terkait.....	7
2.2 Landasan teori .....	10
2.2.1 Spirulina .....	10
2.2.2 Arduino Nano.....	11
2.2.3 NodeMCU ESP8266 .....	13
2.2.4 Sensor pH SEN0161 .....	13
2.2.5 Sensor Intensitas Cahaya BH1750.....	14
2.2.6 Sensor Suhu DS18B20.....	15
2.2.7 Sensor Suhu DHT22 .....	16
2.2.8 Modul Sensor Kekeruhan SEN0189 .....	17
2.2.9 Pompa DC 5V .....	18
2.2.10 Relay .....	19
2.2.11 <i>AC Light Dimmer Module</i> .....	20
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Alur Penelitian.....	22
3.1.1 Identifikasi Masalah .....	23
3.1.2 Pengumpulan Data .....	23
3.1.3 Analisis Kebutuhan Sistem .....	23
3.1.4 Perancangan Sistem .....	25
3.1.5 Implementasi Sistem .....	25
3.1.6 Pengujian Sistem.....	25
3.1.7 Analisis Hasil .....	26
3.2 Desain Sistem .....	26

3.2.1	Blok Diagram Sistem .....	27
3.2.2	<i>Flowchart</i> Sistem .....	28
3.3	Metode Pengujian Sistem .....	29
3.4	Metode Analisa .....	30
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1	Hasil Pengujian .....	31
4.1.1	Pengujian Sensor .....	31
4.1.2	Pengujian Aktuator .....	40
4.2	Pembahasan .....	42
4.2.1	Kultur Spirulina .....	42
4.2.2	Sistem <i>Hardware</i> .....	44
4.2.3	Sistem <i>Software</i> .....	45
4.3	Analisa Hasil Produksi .....	46
4.4	Wawancara .....	51
4.5	Integrasi Islam .....	53
<b>BAB 5</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>55</b>
5.1	Kesimpulan .....	55
5.2	Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spirulina .....	11
Gambar 2.2 Arduino Nano .....	12
Gambar 2.3 NodeMCU ESP8266 .....	13
Gambar 2.4 pH meter detector sensor .....	14
Gambar 2.5 sensor intensitas cahaya BH1750 .....	15
Gambar 2.6 Blok Diagram DS18B20 .....	16
Gambar 2.7 Sensor DS18B20 .....	16
Gambar 2.8 Sensor DHT22 .....	17
Gambar 2.9 Turbidity sensor module SEN0189 .....	18
Gambar 2.10 Pompa DC 5V .....	18
Gambar 2.11 Relay .....	20
Gambar 2.12 AC light dimmer module .....	20
Gambar 3.1 Alur penelitian .....	22
Gambar 3.2 Blok diagram kebutuhan <i>hardware</i> dan <i>software</i> .....	24
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem .....	27
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Sistem .....	29
Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu .....	32
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Sensor DS18B20 dan Termometer .....	34
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian sensor pH dan pH meter .....	36
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian sensor BH1750 dan Lux meter BT881D .....	38
Gambar 4.5 Kultur Spirulina .....	43
Gambar 4.6 Aktuator Pemanas Air .....	43
Gambar 4.7 Rangkaian Komponen .....	45
Gambar 4.8 Tampilan Aplikasi Smart Kultur Spirulina .....	45
Gambar 4.9 Kultur Spirulina Tanpa Alat (Kanan) dan Menggunakan Alat (Kiri) pada Hari ke 7 .....	46
Gambar 4.10 Perbandingan Kekeruhan Kultur Spirulina Tanpa Alat dan Menggunakan Alat (NTU) .....	48
Gambar 4.11 Wawancara Bersama petani spirulina .....	51

## DAFTAR TABEL

Table 2.1	Spesifikasi Arduino Nano .....	12
Table 2.2	Spesifikasi pompa DC 5V .....	19
Table 2.3	Spesifikasi modul <i>AC light dimmer</i> .....	21
Tabel 4.1	Perbandingan Nilai Sensor DHT 22 dan <i>Thermometer</i> HTC-2 .....	32
Table 4.2	Perbandingan Nilai Sensor DS18B20 dan Termometer Digital.....	33
Tabel 4.3	Perbandingan Nilai sensor SEN0161 dengan pH meter PH-02 .....	35
Tabel 4.4	Perbandingan Nilai Sensor Intensitas Cahaya BH1750 dan Luxmeter BT881D .....	37
Tabel 4.5	Pengujian sensor kekeruhan SEN1089 pada air mineral .....	39
Tabel 4.6	Pengujian Aktuator Suhu Air .....	40
Tabel 4.7	Pengujian Aktuator pH Air .....	41
Tabel 4.8	Pengujian Aktuator Cahaya.....	42
Table 4.9	Tabel Perbandingan Kekeruhan Spirulina Tanpa Alat dan Menggunakan Alat .....	47
Tabel 4.10	Presentase Peningkatan Pertumbuhan Spirulina Pada Kultur yang Menggunakan Alat Monitoring dan Tanpa Alat Monitoring ....	50
Tabel 4.11	Tabel pertanyaan dan jawaban wawancara pada petani spirulina.....	52

## ABSTRAK

Fathoni, Muhammad Faiz. 2022 **Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Spirulina Berbasis *Internet of Things***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Juniardi Nur Fadila, M.T (II) Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM.

---

**Kata Kunci:** *Kultur, Tanaman Spirulina, Sistem Monitoring, Internet of Things*

Spirulina adalah mikroalga yang hidup di beberapa ekosistem. Alga ini memiliki laju pertumbuhan yang cepat serta banyak manfaat sehingga beberapa tahun terakhir banyak dibudidaya secara komersil. Budidaya spirulina bergantung pada beberapa parameter diantaranya intensitas cahaya, suhu, dan pH air. Disamping tumbuh dengan cepat pertumbuhan spirulina juga dapat gagal dengan cepat. Pertumbuhan spirulina yang terhambat atau bahkan gagal dipengaruhi oleh parameter yang dibutuhkan oleh spirulina tidak diperoleh secara optimal. Maka dari itu, diperlukan adanya sistem monitoring dan beberapa otomatisasi untuk memantau dan mengoptimalkan parameter yang dibutuhkan pada perkembangan dari pertumbuhan spirulina. Sistem monitoring tersebut terdiri dari Arduino Nano, NodeMCU ESP8266, sensor suhu DS18B20, sensor cahaya BH1750, modul sensor pH, serta modul sensor kekeruhan yang digunakan untuk memantau waktu panen spirulina. Masing-masing sensor yang digunakan memiliki kesalahan sebesar 1.2% untuk sensor cahaya, 0.37% untuk sensor suhu air, dan 0.76% untuk sensor pH. Data yang diperoleh dari sistem akan dikirimkan ke server lalu ditampilkan pada aplikasi android yang telah dirancang. Selain itu, data yang diperoleh dari sensor juga dapat memicu aktuator yang telah dibuat. Aktuator yang digunakan pada sistem ini diantaranya adalah aktuator untuk suhu, aktuator untuk pH, dan aktuator untuk cahaya. Dengan menggunakan sistem monitoring ini, diperoleh presentase peningkatan pertumbuhan spirulina dengan membandingkan kekeruhan pada kultur yang tidak menggunakan alat monitoring dengan kultur yang menggunakan alat monitoring adalah sebesar 3,59%. Wawancara yang dilakukan dengan salah satu responden petani spirulina, diperoleh bahwa sistem monitoring yang telah dibuat membantu budidaya dan mudah digunakan oleh petani tersebut.

## ABSTRACT

Fathoni, Muhammad Faiz. 2022 **Spirulina Plant Growth Monitoring System Based on Internet of Things**. Thesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor: (I) Juniardi Nur Fadila, M.T (II) Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM.

---

**Keywords:** *Culture, Spirulina Plants, Monitoring System, Internet of Things*

Spirulina is a microalgae that lives in several ecosystems. This algae has a fast growth rate and many benefits, so it has been widely cultivated commercially in recent years. Spirulina cultivation depends on several parameters including light intensity, temperature, and water pH. Besides growing rapidly, spirulina growth can also fail quickly. The growth of spirulina that was inhibited or even failed to be influenced by the parameters required by spirulina was not obtained optimally. Therefore, it is necessary to have a monitoring system and some automation to monitor and optimize the parameters needed for the development of spirulina growth. The monitoring system consists of an Arduino Nano, NodeMCU ESP8266, a temperature sensor DS18B20, a light sensor BH1750, a pH sensor module, and a turbidity sensor module that is used to monitor spirulina harvest time. Each sensor used has an error of 1.2% for the light sensor, 0.37% for the water temperature sensor, and 0.76% for the pH sensor. The data obtained from the system will be sent to the server and then displayed on the android application that has been designed. In addition, the data obtained from the sensor can also trigger the actuator that has been made. The actuators used in this system include actuators for temperature, actuators for pH, and actuators for light. By using this monitoring system, the percentage increase in the growth of spirulina by comparing the turbidity in cultures that do not use monitoring equipment is 3.59%. Interviews were conducted with one of the respondents who were spirulina farmer, it was found that the monitoring system that had been created helped the cultivation and was easy to use by the farmers.

## المخلص

فتوني, ومحمد فايز. ٢٠٢٢. سبيروولينا نظام مراقبة نمو النبات على أساس إنترنت الأشياء. فرضية. قسم هندسة المعلوماتية ، كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية في مالانج. المشرف: (١) جونياردني نور فضيلة املاجستري (٢) الدكتور فخرول كورنياوان املاجستري

**الكلمات المفتاحية:** الثقافة ، نباتات سبيروولينا ، نظام المراقبة ، إنترنت الأشياء

سبيروولينا هي طحالب دقيقة تعيش في العديد من النظم البيئية. تتمتع هذه الطحالب بمعدل نمو سريع والعديد من الفوائد ، لذلك تمت زراعتها على نطاق واسع تجاريًا في السنوات الأخيرة. تعتمد زراعة السبيروولينا على عدة عوامل منها شدة الضوء ودرجة الحرارة ودرجة حموضة الماء. إلى جانب النمو السريع ، يمكن أن يفشل نمو السبيروولينا بسرعة. لم يتم الحصول على نمو السبيروولينا الذي تم تثبيته أو حتى فشل التأثر بالمعلومات التي تتطلبها السبيروولينا على النحو الأمثل. لذلك ، من الضروري أن يكون لديك نظام مراقبة وبعض الأتمتة لمراقبة وتحسين المعلومات اللازمة ومستشعر درجة NodeMCU ESP8266 و Arduino Nano لتطوير نمو سبيروولينا. يتكون نظام المراقبة من وحدة مستشعر الأس الهيدروجيني ووحدة مستشعر التعكر التي BH1750 ومستشعر الضوء DS18B20 الحرارة تُستخدم لمراقبة وقت حصاد السبيروولينا. يحتوي كل مستشعر مستخدم على خطأ بنسبة 1.2٪ لمستشعر الضوء و 0.37٪ لمستشعر درجة حرارة الماء و 0.76٪ لمستشعر الأس الهيدروجيني. سيتم إرسال البيانات التي تم الحصول عليها 3.59٪. أجريت المقابلات مع أحد المستجيبين الذين كانوا مزارع سبيروولينا ، ووجد أن نظام المراقبة الذي تم إنشاؤه ساعد على الزراعة وكان سهل الاستخدام من قبل المزارعين

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar belakang**

Tanaman spirulina adalah salah satu mikroalga hijau kebiruan yang hidup tersebar luas dalam semua ekosistem. Spirulina tumbuh dengan baik di danau alkali dengan keasaman pH 8,5-11. Di Indonesia sendiri, mikroalga ini tumbuh endemik di Situ Ciburuij, Padalarang, dan Ranu Kelakah. Spirulina tumbuh subur pada suhu antara 18°C-40°C dan intensitas cahaya 500-350.000 lux (Kabinawa, 2006).

Dalam beberapa tahun terakhir, spirulina ini telah dibudidayakan secara komersial karena tingkat proliferasi sel yang tinggi, proses panen yang relatif mudah, dan potensi pasar yang cukup besar. Selain itu, karena kandungan Spirulina yang kaya akan senyawa penting seperti protein, mineral, vitamin, pewarna dan asam amino, Spirulina banyak digunakan sebagai bahan baku industri kimia (biopigment), makanan (suplemen diet dan suplemen makanan) serta makanan ternak. (Ciferri & Tiboni, 1985; Cohen et al., 1987). Selain itu, manfaat dari mikroalga ini tidak terbatas pada tiga bidang tersebut. Salah satu contoh lainnya adalah sebagai agen pengolahan limbah, bahan kosmetik, dan bahkan biofuel.

Pada tahun 2018, di pasar global penjualan spirulina mencapai USD 348 juta dan diprediksi akan mencapai USD 779 juta pada tahun 2026 (Kunsel & Sumant, 2019). Di pasar Indonesia sendiri, spirulina baru mulai dibudidayakan sebagai komoditas ekonomi pada awal tahun 2000-an. Hingga saat ini, produsen

spirulina di Indonesia masih berjumlah belasan. Kebutuhan spirulina di Indonesia di bidang perikanan masih mengandalkan spirulina impor dari India dan Cina (Kementrian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2018). Berdasarkan fakta tersebut, spirulina diperkirakan menjadi prospek bisnis yang cukup menjanjikan di Indonesia pada masa mendatang.

Pada budidaya Spirulina terdapat beberapa parameter tertentu yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Parameter budidaya spirulina tersebut adalah pH air, suhu air, dan intensitas cahaya. Terdapat standar nilai untuk budidaya dari parameter yang sudah disebutkan, standar nilai dari setiap parameter tersebut antara lain: pH air berada di kisaran 10,4, suhu air antara 35°C sampai 38°C lebih dari itu akan membahayakan spirulina, dan yang terakhir intensitas cahaya antara 35 klux hingga 45 klux (Jourdan, 2013). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mesi NS waktu panen spirulina dapat dilihat melalui kekeruhan dari kolam yang digunakan, spirulina siap dipanen saat kekeruhan berada diangka 3000 NTU (Simbolon, 2020). Disamping itu, air di dalam kolam spirulina juga harus digerakkan secara berkala baik menggunakan motor atau diaduk secara manual selama 15 menit setiap 2 jam sekali agar spirulina tidak menggumpal. Agar parameter tersebut terpenuhi, maka diperlukan adanya pengecekan dengan benar.

Kultur tumbuh dengan cepat sekaligus musnah dengan cepat bila kultur Spirulina tidak dirawat dengan baik. Spirulina yang matang berubah dari warna hijau muda menjadi hijau tua. Konsentrasi alga dan warna alga merupakan faktor penentu kapan Spirulina harus dipanen (Departemen Sains dan Teknologi India, 2019). Masalah pertumbuhan spirulina rentan terganggu pada masa dua minggu

awal sejak kultivasi. Pada masa-masa awal, parameter tersebut harus terpenuhi. Apabila pemantauan yang dilakukan kurang baik, maka akan merusak pertumbuhan spirulina. Hal ini yang kerap kali menjadi masalah para pembudidaya spirulina, kurangnya pemantauan ataupun pemantauan yang dilakukan kurang efisien.

Berdasarkan permasalahan yang dijelaskan sebelumnya, pembuatan sistem monitor dan kontrol pada budidaya spirulina adalah salah satu solusi yang dapat dilakukan. Teknologi terbaru yang dapat membantu memonitor dan mengontrol pertumbuhan spirulina adalah dengan teknologi *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* (IoT) adalah sebuah infrastruktur global untuk informasi masyarakat, memungkinkan layanan yang lebih maju dengan menghubungkan hal-hal (fisik dan virtual) berdasarkan teknologi informasi dan komunikasi yang ada dan mengembangkannya (International Telecommunication Union, 2012). Dengan *Internet of Things* (IoT) kita dapat mengontrol budidaya spirulina dari jauh dengan data yang diperoleh dari sensor-sensor yang terhubung pada mikrokontroler, dan dikirimkan melalui server yang diterima oleh perangkat mobile.

Allah telah menjanjikan kemudahan dalam setiap kesulitan, sesuai firman Allah pada QS Al-Insyirah ayat 5 yang berbunyi:

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”*

Dalam ayat ini, Allah mengungkapkan bahwa sesungguhnya di dalam setiap kesempitan, terdapat kelapangan, dan di dalam setiap kekurangan sarana untuk

mencapai suatu keinginan, terdapat pula jalan keluar. Namun demikian, dalam usaha untuk meraih sesuatu itu harus tetap berpegang pada kesabaran dan tawakal kepada Allah. Ini adalah sifat Nabi saw, baik sebelum beliau diangkat menjadi rasul maupun sesudahnya, ketika beliau terdesak menghadapi tantangan kaumnya (Kementrian Agama Republik Indonesia, 2020).

Selanjutnya, dengan memantau pertumbuhan budidaya kita juga dapat mencermati tentang penciptaan tumbuhan seperti pada QS Abasa ayat 24-32 yang berbunyi :

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَىٰ طَعَامِهِ ۚ ٢٤ أَنَا صَبَّبْنَا الْمَاءَ صَبًّا ۚ ٢٥ ثُمَّ شَقَقْنَا  
الْأَرْضَ شَقًّا ۚ ٢٦ فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ۚ ٢٧ وَعِنَبًا وَقَضْبًا ۚ ٢٨ وَزَيْتُونًا وَنَخْلًا  
٢٩ وَحَدَائِقَ غُلْبًا ۚ ٣٠ وَفَاكِهَةً وَأَبًّا ۚ ٣١ مَتَاعًا لَّكُمْ وَلِالْأَنْعَامِ ۚ ٣٢

*“24 Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya. 25 Sesungguhnya kami benar-benar telah mencurahkan air (dari langit) 26 Kemudian kami belah bumi dengan sebaik-baiknya, 27 Lalu kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, 28 Anggur dan sayur-sayuran, 29 Zaitun dan kurma, 30 Kebun-kebun (yang) lebat, 31 dan buah-buahan serta rumput-rumputan, 32 Untuk kesenanganmu dan untuk binatang-binatang ternakmu.”*

Maka hendaknya manusia merenungkan bagaimana Allah menciptakan makanannya yang menjadi pilar kehidupannya? Kami mencurahkan air hujan ke bumi, Kemudian membelah bumi dengan apa yang keluar darinya berupa berbagai jenis tanaman, Kami menumbuhkan biji-bijian padanya, Anggur dan rumput

makanan hewan ternak, Pohon zaitun,dan pohon kurma, Kebun-kebun dan pohon besar, Buah-buahan dan padang savana, Kalian menikmatinya begitu juga ternak-ternak kalian (Kementrian Agama Saudi Arabia, 2013).

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Berdasar pada penjelasan latar belakang diatas, penelitian ini akan mengangkat masalah tentang:

1. Bagaimana membuat rancang bangun sistem monitoring pada budidaya spirulina berbasis *Internet of Things* (IoT)?
2. Apakah *Internet of Things* (IoT) dapat memudahkan petani dalam budidaya spirulina dan meningkatkan produksi spirulina?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat rancang bangun sistem monitoring pada budidaya Spirulina berbasis *Internet of Things* (IoT)
2. Menganalisa pengaruh penggunaan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) pada budidaya spirulina dan hasil panen Spirulina.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Menghasilkan rancang bangun sistem monitoring pada budidaya Spirulina yang berbasis *Internet of Things* (IoT)

2. Mengetahui pengaruh sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) pada budidaya Spirulina.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan Masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Menggunakan sensor pH, kekeruhan, suhu, dan cahaya.
2. Menggunakan mikrokontroler Arduino Nano.
3. Medium Kultivasi menggunakan Zarrouk Standar Spirulina.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian terkait**

Penelitian ini menggunakan beberapa referensi dalam bentuk penelitian serupa yang dijadikan sebagai acuan maupun perbandingan. Penelitian tersebut antara lain, penelitian yang dilakukan oleh Rudy Gunawan, Tegas Andhika, dan Fadil Hibatulloh tentang sistem monitoring kelembapan tanah, suhu, pH dan penyiraman otomatis pada tanaman tomat berbasis *Internet of Things*. Dalam penelitian ini, suhu udara, kelembaban, dan pH digunakan sebagai parameter pengukuran yang dapat diukur oleh sensor, dan output dari sensor diubah ke jumlah yang ditentukan. Proses selanjutnya mikrokontroler Arduino Uno R3 kemudian membaca nilai yang dikirimkan oleh sensor dan sekaligus mengirimkan nilai tersebut ke server aplikasi menggunakan modul WiFi ESP8266 yang terhubung dengan internet. Selain itu, hasil pembacaan parameter pengukuran dapat dicek pada smartphone yang dilengkapi dengan aplikasi yang dilengkapi dengan panel monitor dan panel kontrol. Output lainnya adalah ramp dan motor pompa yang beroperasi ketika nilai parameter mencapai ambang batas yang telah ditentukan oleh desain program perangkat lunak. (Gunawan et al., 2019). Perbedaan dari penelitian tersebut, penelitian Gunawan dkk menggunakan sensor kelembapan serta terdapat otomatisasi pada penyiraman.

Vines Ayudiana dan Asrizal dalam penelitian yang berjudul rancang bangun sistem pengontrolan pH larutan untuk budidaya tanaman hidroponik

berbasis *Internet of Things*, membuat instrumen pengontrolan pH larutan nutrisi dari sensor pH beserta modul rangkaian pengolah sinyalnya yang terdiri dari NodeMCU, relay, tombol reset, tombol power, serta katub solenoid otomatis. Hasil pengukuran ditampilkan pada *ThingSpeak* dan dapat diakses melalui ponsel android atau komputer. Nilai ketepatan pengontrolan instrumen dalam penelitian tersebut adalah 6,247. Sistem pengontrolan pH ini dapat menstabilkan larutan nutrisi dengan baik serta memiliki ketelitian yang tinggi (Ayudiana & Asrizal, 2019). Penelitian yang dilakukan Ayudiana dkk, memiliki perbedaan dengan penelitian ini pada 3 sensor, yaitu sensor suhu, sensor cahaya dan sensor kekeruhan.

Penelitian Wahyu Titis S. U. tentang sistem pemantauan pH tanah tanaman kelapa sawit berbasis IoT untuk membuat sistem pendeteksi pH tanah kelapa sawit menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32. Detektor menampilkan pH tanah di layar OLED dan situs web yang dapat diakses kapan saja, di mana saja. Hal ini memudahkan petani untuk mendapatkan informasi yang akurat, sehingga tidak terlambat melakukan pemupukan dan secara tidak langsung meningkatkan produksi. Data akan dikirim ke situs web melalui surat. Setelah akuisisi data dan pengujian, sensor pH memiliki korelasi yang baik dengan tingkat kesalahan 2,14% (Titis, 2020). Pada penelitian Wahyu Titis, dirancang sebuah sistem monitoring yang dikhususkan untuk memantau pH dari tanaman sawit. Jadi penelitian ini memiliki perbedaan yang cukup signifikan dari penelitian Wahyu Titis pada 3 sensor lainnya, dan terdapat otomatisasi.

Aviana Furi, Mohammad Iqbal dan Nur Sultan Salahuddin meneliti prototipe sistem otomatis berbasis IoT untuk menyiram dan memupuk tanaman pot.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem penyiraman dan pemupukan tanaman secara otomatis dan teratur. Sistem yang dirancang dapat mengontrol dan memantau informasi data yang diterima dari sensor melalui aplikasi smart plant yang terpasang pada smartphone yang terkoneksi internet. Ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU, pompa air DC yang digunakan untuk memasok dan memasok pupuk cair, dan sensor YL-69 yang menentukan kelembaban tanah dan nilai RTC sebagai pengatur waktu berdasarkan kondisi yang dikonfigurasi oleh mikrokontroler. Sistem dapat melakukan pemupukan dan pengairan secara otomatis serta memiliki aplikasi untuk monitoring kelembaban dan waktu melalui internet. (Furi et al., 2018). Pada penelitian Furi dkk, terdapat perbedaan pada sistem penyiraman yang tidak kami gunakan pada penelitian ini.

Thomas Aquinas K. H. dan Richi D. A. dalam penelitiannya yang berjudul sistem pengendalian dan pengawasan pada budidaya mikroalga spirulina membuat sistem menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang dapat membantu mengendalikan dan memantau pertumbuhan spirulina dengan cara menyalakan pompa air secara otomatis ketika tinggi air kurang dari standar. Selain itu, sistem dapat memberikan informasi kepada pengguna tentang pH air, ketinggian air, suhu air, dan intensitas cahaya kurang atau lebih dari standar yang telah ditentukan sebelumnya (Aquinas K H & Agustia, 2018). Perbedaan penelitian yang telah dilakukan Thomas Aquinas K. H. dan Richi D. A. dengan penelitian ini adalah penelitian ini menggunakan data kekeruhan air sebagai indikator bahwa Spirulina sudah memasuki waktu panen. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan sensor-

sensor yang lebih terjangkau, sehingga lebih memudahkan para pembudidaya dalam pembuatan sistem monitoring.

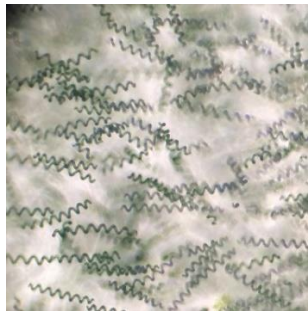
## **2.2 Landasan teori**

### **2.2.1 Spirulina**

Menurut Hariyati (2008) Mikroalga *Spirulina* sp. adalah autotrof pirus, juga dikenal sebagai ganggang berfilamen pirus, karena terdiri dari sel-sel silindris yang membentuk koloni, dan sel-selnya ditumpuk dalam filamen yang terpilin secara spiral (heliks). *Spirulina* sp. Ini adalah jenis ganggang Cyanophyta atau ganggang biru-hijau (blue-green algae), dan karena nilai gizinya yang tinggi, banyak digunakan sebagai makanan alami untuk berkembang biak, terutama untuk tempat pembenihan. *Spirulina* sp memiliki kandungan protein sekitar 60-70%, namun kandungan lemaknya sangat rendah yaitu 1,5-12%. (Chrismada et al., 2006; Utomo et al., 2005).

*Spirulina* mengandung pigmen didalamnya yang dapat menambah pewarnaan sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pakan tambahan untuk ikan hias. Pigmen tersebut antara lain klorofil (0,08%), beta karoten (0,23%) dan xanthofil (0,12-0,15%). Selain sebagai pakan alami *Spirulina* sp. banyak digunakan sebagai imunostimulan, obat-obatan, kosmetik dan pewarna alami (Utomo et al., 2005). Karena memiliki manfaat yang sangat beragam, Mikroalga ini sangat berpotensi untuk dibudidayakan. Salah satu kegiatan yang dapat dilakukan untuk pengembangan *Spirulina* adalah kultur alga yaitu upaya untuk pengembangan dan pembudidayaan untuk pemenuhan kebutuhan sehingga *supply* *Spirulina* sp. tidak bergantung pada alam saja.

Menurut Sukardi et al., (2014), Kultur mikroalga dapat dilakukan dalam skala laboratorium maupun skala besar. Pada tahap pertama skala laboratorium, benih fitoplankton dibudidayakan terlebih dahulu, mencapai kapasitas 15 liter. Selain itu, budidaya skala semi-massa telah dikembangkan untuk mencapai kapasitas 80-100 L dan harus ditanam di luar ruangan atau semi-outdoor. Tujuannya adalah untuk meningkatkan biomassa Spirulina. setelah dibudidayakan dalam skala laboratorium, budidaya semi-massal kaya akan biomassa Spirulina. Ini lebih besar dari budidaya Spirulina dalam skala laboratorium. Peningkatan populasi spirulina dalam kultur tercermin dalam peningkatan kepadatan sel, yang pada gilirannya meningkatkan ukuran sel. Kepadatan sel digunakan untuk memantau pola pertumbuhan hingga mencapai puncak populasi, sehingga dapat menentukan waktu yang tepat untuk memanen dari kultur.



**Gambar 2.1Spirulina**

Sumber: <https://algaeresearchsupply.com/products/spirulina-culture-arthrospira-platensis>

### **2.2.2 Arduino Nano**

Arduino Nano adalah salah satu mikrokontroler yang mempunyai ukuran sangat kecil, namun cukup lengkap dan dapat digunakan pada breadboard. Arduino Nano adalah mikrokontroler dengan basis mikrokontroler ATmega 328 untuk

Arduino Nano dengan versi 2.x atau ATmega328 untuk Arduino pada versi 3.x (Asmi & Candra, 2020). Pada sistem ini Arduino nano berfungsi sebagai processor yang mengolah input dari beberapa sensor yang digunakan. Spesifikasi dan bentuk Arduino Uno R3 dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.1.

**Table 2.1 Spesifikasi Arduino Nano**

Mikrokontroler	ATmega328
Operasi Tegangan	5 Volt
Input Tegangan	7-12 Volt
Kecepatan Clock	16 MHz
Pin Analog	8
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
PWM Output	6
Memori Flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Konsumsi Daya	19 mA



**Gambar 2.2 Arduino Nano**

Sumber: <https://store.arduino.cc/products/arduino-nanoNodeMCU-ESP8266>

### 2.2.3 NodeMCU ESP8266

Modul WiFi NodeMCU adalah firmware interaktif berdasarkan SoC Wifi LUA Espressif ESP8266. Gambar 2.3 menunjukkan format fisik dari NodeMCU ESP8266. ESP8266 adalah komponen tambahan dari modul WiFi dan biasanya digunakan untuk menghubungkan perangkat elektronik seperti mikrokontroler ke koneksi WiFi. Modul ini sering digunakan dalam desain Internet of Things. ESP8266 memiliki prosesor, GPIO, dan memori. Modul ini adalah modul system-on-chip (SOC) yang tidak tergantung mikrokontroler. ESP8266 memiliki keunggulan penggunaan energi yang efisien karena fungsi mode deep sleep dibandingkan dengan modul WIFI biasa (Satriadi et al., 2019).



**Gambar 2.3 NodeMCU ESP8266**

Sumber: <https://learnarduinonow.com/2017/03/22/arduino-esp8266-wifi-on-cheap.html>

### 2.2.4 Sensor pH SEN0161

Pada dasarnya, pengukuran pH didasarkan pada potensial elektrokimia yang terjadi antara larutan yang diketahui di dalam elektroda kaca dan larutan yang tidak diketahui di luar elektroda kaca. Ini karena lapisan tipis vesikel kaca berinteraksi dengan ion hidrogen yang relatif kecil dan aktif. Elektroda kaca dikenal sebagai potensial elektrokimia ion hidrogen, atau biasa dikenal dengan potensial hidrogen. Sebuah elektroda referensi diperlukan untuk menyelesaikan rangkaian. Untuk

perekaman, sensor beroperasi berdasarkan prinsip elektrolisis atau konduktivitas, yang mengukur tegangan yang melewati sensor. (Astria et al., 2014). Gambar pH meter detector sensor pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4 pH meter detector sensor**

Sumber: <https://ninagalkina.blogspot.com/2019/08/ph-value-data-detection-and-acquisition.html>

### **2.2.5 Sensor Intensitas Cahaya BH1750**

Sensor BH1750 merupakan IC digital yang digunakan sebagai sensor intensitas cahaya dengan antarmuka bus I<sup>2</sup>C. Sensor ini sangat cocok untuk mendapatkan data intensitas cahaya pada berbagai resolusi yang tinggi yaitu kisaran 1 – 65535 lux (Sabiran et al., 2018). Sehingga sensor ini cukup baik untuk digunakan dalam mengukur intensitas cahaya yang terdapat pada kultur spirulina. Berikut adalah gambar dan fitur dari sensor BH1750.

- Catu Daya: 2.4V-3.6V (biasanya 3.0V)
- Konsumsi kurang saat ini: 0.12mA
- Mengukur Rang: 1-65535lx
- Komunikasi: Bus I<sup>2</sup>C
- Akurasi: +/-20%
- Dibangun dalam konverter A / D untuk mengubah frekuensi analog dalam data digital.

- Efek radiasi IR yang sangat kecil Sangat responsif dekat dengan mata manusia.

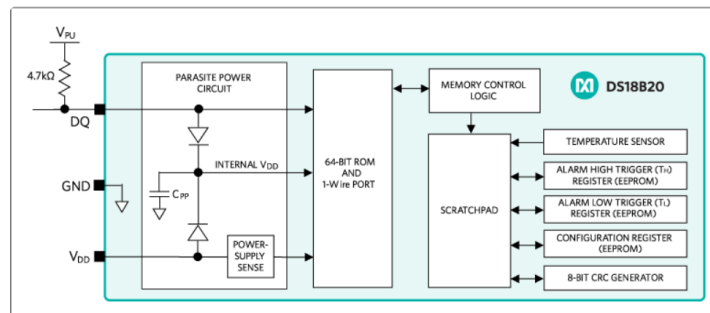


**Gambar 2.5 sensor intensitas cahaya BH1750**

Sumber: <https://components101.com/sensors/bh1750-ambient-light-sensor>

### **2.2.6 Sensor Suhu DS18B20**

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital Dallas Semiconductor. Sensor menggunakan protokol komunikasi 1-Wire untuk membaca suhu. DS18B20 memiliki tiga pin: ground, VDD, dan input/output data. Di Arduino, VDD juga dikenal sebagai VCC. Dalam hal ini, VCC sama dengan VDD. Sensor suhu DS18B20 beroperasi pada suhu dari  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Keunggulan DS18B20 adalah mengeluarkan data digital dengan nilai akurasi  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan juga tahan air. Sensor DS18B20 dapat beroperasi dalam dua mode: mode kinerja parasit dan mode kinerja normal (Zaky et al., 2017). Pada penelitian ini, sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air dalam kultur spirulina. Berikut adalah gambar blok diagram dan penampakan bentuk fisik DS18B20.



**Gambar 2.6 Blok Diagram DS18B20**

Sumber: <https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/DS18B20.html/product-details/tabs-4#design-development>



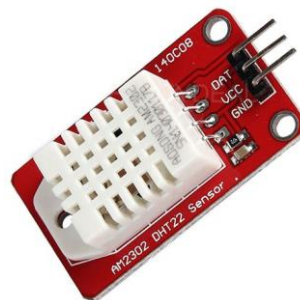
**Gambar 2.7 Sensor DS18B20**

Sumber: <https://www.epal.pk/wp-content/uploads/2017/05/ds18b20-waterproof.jpg>

### 2.2.7 Sensor Suhu DHT22

DHT22 adalah sensor suhu dan kelembaban digital berbiaya rendah. Sensor DHT22 menggunakan sensor kelembaban kapasitif dan termostat untuk mengukur udara sekitar dan mengeluarkan sinyal digital ke pin data (tidak memerlukan pin input analog). Sensor ini sangat mudah digunakan, tetapi butuh waktu untuk mendapatkan datanya. Satu-satunya kelemahan dari sensor ini adalah hanya bisa mendapatkan data baru setiap 2 detik (Ada, 2021). Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu udara disekitar kultur spirulina. Berikut adalah fitur dan gambar dari DHT22.

- Harga Terjangkau
- Daya 3 hingga 5V dan I/O
- Penggunaan maksimal 2.5mA selama konversi (saat meminta data)
- Baik untuk pembacaan kelembaban 0-100% dengan akurasi 2-5%
- Baik untuk -40 hingga 80 °C pembacaan suhu  $\pm 0,5$  °C akurasi
- Tidak lebih dari 0,5 Hz sampling rate (sekali setiap 2 detik)
- Ukuran 15.1mm x 25mm x 7.7mm
- 4 pin dengan jarak 0,1"



**Gambar 2.8 Sensor DHT22**

Sumber: <https://free-electronic.com/wp-content/uploads/2019/07/DHT22-Module.jpg>

### 2.2.8 Modul Sensor Kekeruhan SEN0189

Modul sensor kekeruhan merupakan sensor yang dapat mendeteksi kekeruhan air dengan membaca sifat optik air akibat cahaya dan membandingkan cahaya yang dipantulkan dengan cahaya yang datang. Kekeruhan adalah keadaan air yang tidak jernih dan disebabkan oleh partikel atau padatan tersuspensi yang umumnya tidak terlihat dengan mata telanjang, seperti asap di udara. Semakin banyak partikel dalam air, semakin tinggi kekeruhan air. Dengan adanya sensor kekeruhan, semakin tinggi kekeruhan di dalam air maka akan semakin besar pula

perubahan tegangan keluaran sensor (Wadu et al., 2017). Gambar modul sensor kekeruhan sebagai berikut.



**Gambar 2.9 Turbidity sensor module SEN0189.**

Sumber: <https://how2electronics.com/diy-turbidity-meter-using-turbidity-sensor-arduino/>

### 2.2.9 Pompa DC 5V

Pompa DC 5V adalah pompa air yang digunakan untuk memindahkan larutan atau cairan dari satu tempat ke tempat lain. Cairan yang dimaksud adalah air yang mengalir dari tangki air satu ke tangki air lainnya. Pompa ini mudah digunakan karena dapat dicolokkan ke soket USB (Nugrahanto et al., 2017). Berikut spesifikasi dan gambar pompa DC 5V.



**Gambar 2.10 Pompa DC 5V**

Sumber: <https://www.bukalapak.com/p/elektronik/elektronik-lainnya/aehy wz-jual-usb-mini-water-pump-pompa-air-mini-usb>

**Table 2.2 Spesifikasi pompa DC 5V**

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Pompa	Brushless
Tegangan kerja	DC 3-6V
Daya Angkat	DC 3-6V
Debit Maksimum	150L/jam
Panjang Kabel	~1,2m
Arus Maksimum	0,35A
Water resistance	Amfibi
Range suhu cairan	0-60 C

### 2.2.10 Relay

Relay adalah komponen yang hanya dapat mengenali dua nilai yaitu HIGH dan LOW. Ada bagian utama yang disebut koil dan mekanik. Relay digunakan untuk mengendalikan motor. Komponen ini merupakan saklar yang hanya dapat beroperasi pada saat arus mengalir. Sedangkan menggunakan relay untuk mengontrol komponen elektronika arus lebih dan menggunakannya untuk komponen tegangan tinggi. Saat mengontrol relay motor, status TINGGI dan RENDAH digunakan dengan waktu tunda yang ditentukan. Waktu tunda berarti dapat menentukan interval waktu untuk aktivitas tersebut (Nugrahanto et al., 2017). Bentuk dari relay seperti pada Gambar 2.9.

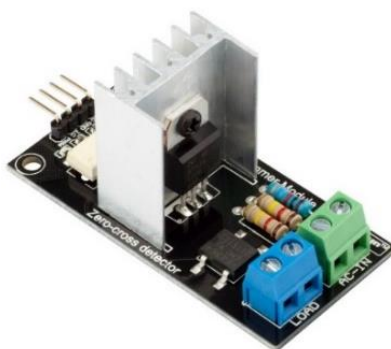


**Gambar 2.11 Relay**

Sumber: <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>

### **2.2.11 AC Light Dimmer Module**

*AC light dimmer* merupakan modul rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai pengendali nyala lampu AC 220 Volt untuk menyala terang atau redup. Driver dimmer ini menggunakan PWM universal sebagai driver yang dapat bekerja menggunakan PWM digital yang mana berfungsi untuk mengontrol naik atau turunnya tegangan AC (Hidayat et al., 2019). Spesifikasi dan Bentuk *AC light dimmer module* ditunjukkan pada Tabel 2.5 dan Gambar 2.10.



**Gambar 2.12 AC light dimmer module**

Sumber: <https://robotdyn.com/ac-light-dimmer-module-1-channel-3-3v-5v-logic-ac-50-60hz-220v-110v.html>

**Table 2.3 Spesifikasi modul AC light dimmer**

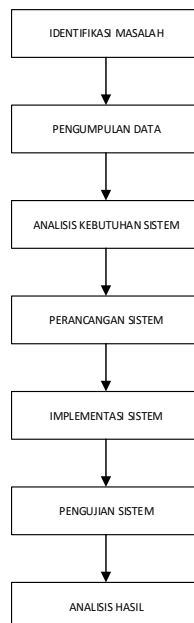
Power	600V – 16A
Frekuensi AC	50/60 Hz
TRIAC	BTA16-600B
Level Logic	3.3/5V
Modulasi	Logic level ON/OFF TRIAC
Environment	Outdoor dan indoor, pada suhu antara -20 – 80°C
ROHS3	Compliant

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Pada penelitian kali ini, masalah yang diperhatikan adalah untuk membangun sebuah alat yang dapat membantu budidaya spirulina dan mengetahui manfaat dari alat tersebut. selanjutnya melakukan pengumpulan data yang dalam kasus ini, dibutuhkan data dari parameter yang mempengaruhi pertumbuhan spirulina serta data batas-batas optimal dari parameter tersebut. setelah itu melakukan analisis kebutuhan sistem dan dilanjutkan dengan perancangan sistem. Mulai dari kebutuhan dari alat-alat perangkat keras dan perangkat lunak. Dan yang terakhir mengimplementasikan sistem yang telah dibuat pada budidaya spirulina. Gambar 3.1 menggambarkan alur penelitian yang dilakukan.



**Gambar 3.1 Alur penelitian.**

### **3.1.1 Identifikasi Masalah**

Masalah yang terjadi pada budidaya spirulina adalah pengawasan terhadap pertumbuhan tanaman pada masa masa budidaya. Ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan pada waktu pertumbuhan spirulina. Parameter untuk pertumbuhan spirulina tersebut adalah suhu, pH dan cahaya. Selain itu, kekeruhan air juga menjadi parameter yang menentukan apakah spirulina sudah siap dipanen atau belum.

### **3.1.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan proses wawancara yang dilakukan pada petani spirulina di kota Malang. Pengumpulan data ini bertujuan untuk mengetahui data apa saja yang dibutuhkan dalam budidaya spirulina. Data-data yang dibutuhkan seperti nilai yang paling optimal pada setiap parameter yang mempengaruhi pertumbuhan spirulina serta kebutuhan yang diperlukan untuk membuat kultur spirulina.

### **3.1.3 Analisis Kebutuhan Sistem**

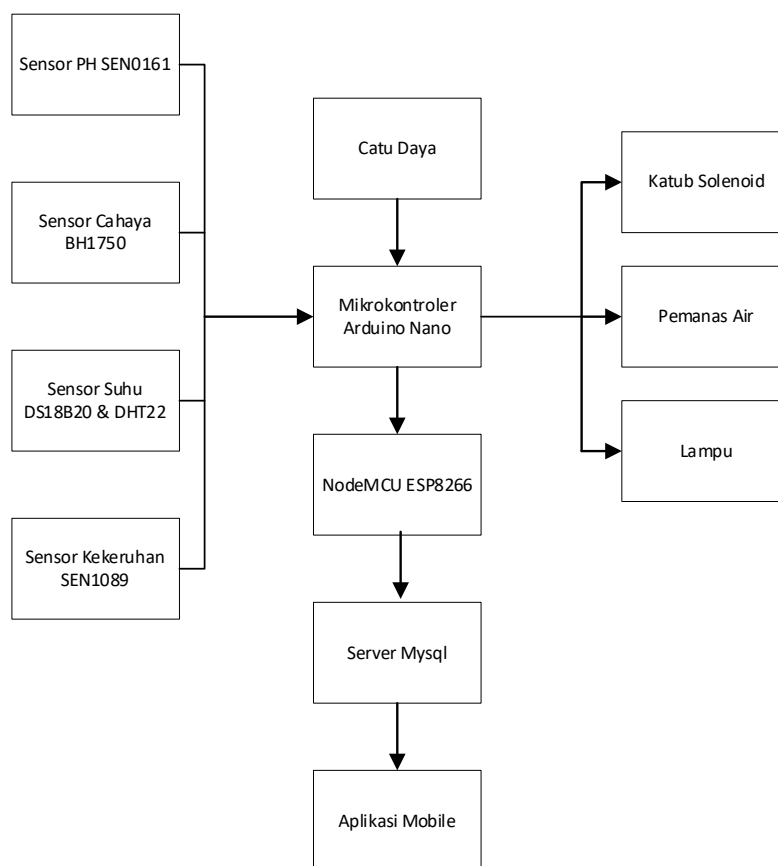
Analisis kebutuhan sistem menjelaskan bagaimana pemahaman dalam menganalisa apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan atau pengembangan dari suatu sistem. Analisis ini bertujuan agar penelitian berjalan dengan baik dan lebih efisien dalam segala hal.

- **Keterangan Umum**

Pada rancang bangun sistem monitoring pertumbuhan tanaman spirulina menggunakan 5 sensor yaitu sensor suhu air, sensor suhu udara, cahaya,

kelembapan dan kekeruhan. Data yang didapat dari sensor digunakan sebagai inputan untuk menentukan tindakan dan dikirim ke web server agar dapat dilihat oleh pengguna. Contohnya, jika sensor cahaya mendeteksi cahaya yang masuk berlebihan, maka lampu akan meredup. Setelah itu data yang didapat dapat dipantau oleh pengguna pada layar handphone.

- **Kebutuhan *Hardware* dan *Software***



**Gambar 3.2** Blok diagram kebutuhan *hardware* dan *software*

Pada Gambar 3.2 menggambarkan *Hardware* dan *Software* yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem. Beberapa *hardware* yang dibutuhkan adalah sensor pH SEN0161, sensor cahaya BH1750, sensor kekeruhan SEN0189, sensor

suhu udara DHT 22, sensor suhu air DS18B20, mikrokontroler Arduino Nano, NodeMCU ESP8266, motor DC, *AC light dimmer*, katub solenoid dan lampu. Sedangkan untuk *software* yang dibutuhkan adalah aplikasi yang telah dirancang menggunakan android studio.

#### **3.1.4 Perancangan Sistem**

Pada tahapan ini, dilakukan pembuatan *flowchart*, rangkaian sistem, dan desain alat yang digunakan pada penelitian ini. Pada tahapan ini, peneliti diharapkan telah mempunyai gambaran tentang sistem yang akan dibuat pada sistem monitoring budidaya spirulina yang merupakan hasil dari analisa yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya.

#### **3.1.5 Implementasi Sistem**

Implementasi sistem merupakan bentuk realisasi rancangan yang sudah dibuat pada tahapan sebelumnya. Pada tahapan ini, mencakup pembuatan rangkaian sistem, pembuatan sistem kultur serta penulisan kode program.

#### **3.1.6 Pengujian Sistem**

Tahap pengujian sistem dilakukan dengan cara menguji setiap sensor yang digunakan dalam sistem yang sudah dirancang. Pada tahap ini, dibuat perbandingan antara sensor dan juga alat pembanding setiap parameter guna memperoleh selisih eror atau galat relatif dari perbandingan data.

### **3.1.7 Analisis Hasil**

Tahap analisis Hasil adalah menganalisa tentang sistem yang sudah dibangun. Pada penelitian ini dianalisa bagaimana pengaruh sistem monitoring pada perkembangan tanaman spirulina.

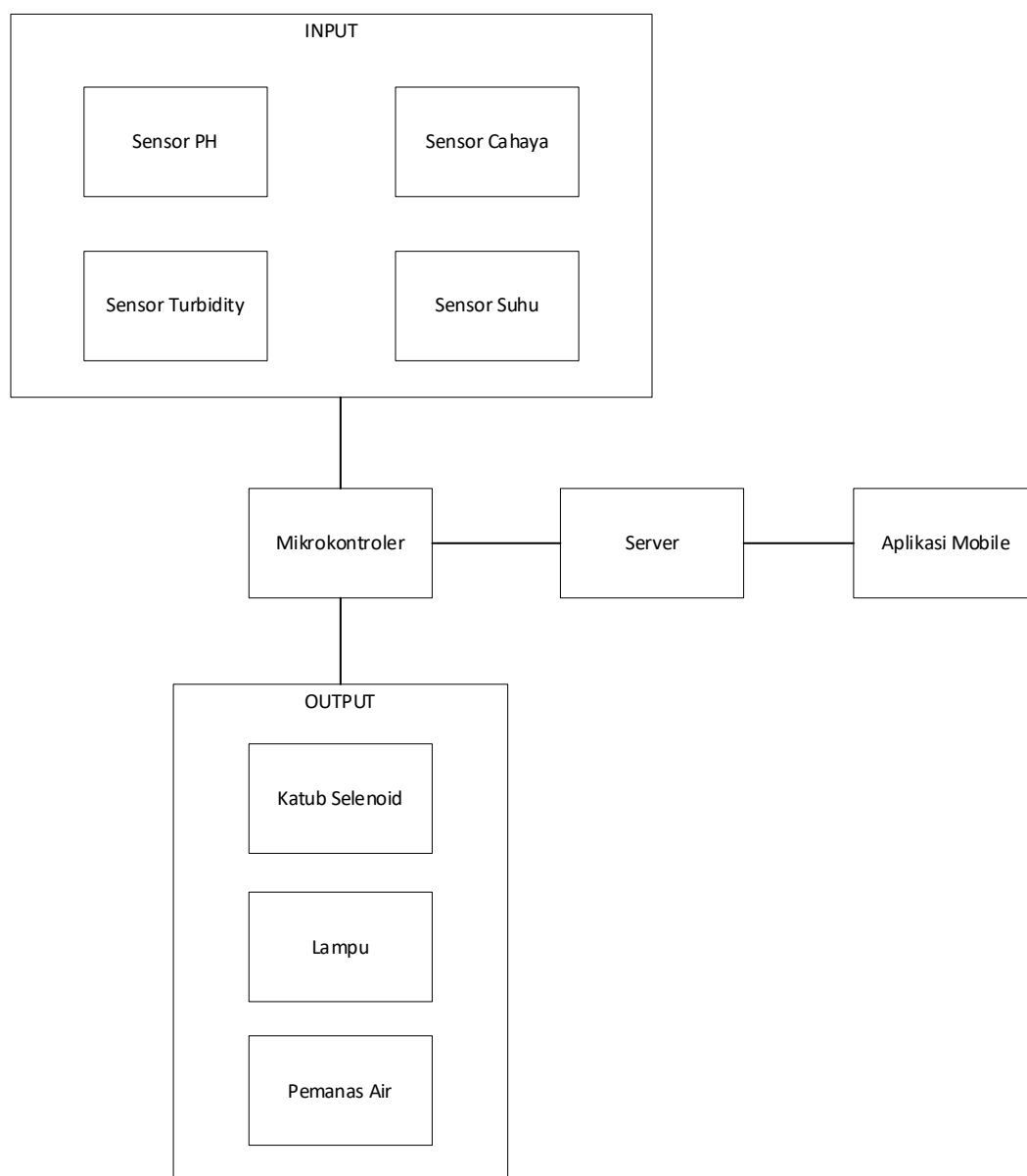
## **3.2 Desain Sistem**

Sistem monitoring pertumbuhan tanaman spirulina ini menggunakan mikrokontroler Arduino Nano dilengkapi otomatisasi sederhana dalam pengaturan beberapa parameter yaitu suhu, cahaya, dan pH. Selain itu juga terdapat otomatisasi untuk mengaduk air agar spirulina tidak menggumpal menggunakan timer. Rancang bangun sistem ini menggunakan 5 sensor inputan yaitu, sensor suhu udara DHT22, sensor suhu air DS18B20, sensor cahaya BH1750, modul sensor pH SEN0161, dan modul sensor kekeruhan SEN0189. beberapa inputan tersebut akan menghasilkan sebuah tindakan diantaranya, inputan dari sensor suhu akan menentukan apakah pemanas air perlu dinyalakan atau tidak, inputan dari sensor cahaya akan menentukan apakah lampu perlu diredupkan atau dinyalakan, inputan dari sensor pH akan menentukan apakah katub solenoid yang tersambung dengan pupuk akan terbuka atau tidak, dan inputan dari sensor kekeruhan akan menentukan spirulina sudah siap panen atau belum.

Pada dasarnya selain sebagai tolak ukur untuk membuat sebuah tindakan otomatis, data inputan tersebut juga akan dikirimkan kepada pengguna. Alur pengiriman data kepada pengguna adalah, data dari sensor akan dikirimkan ke NodeMCU ESP8266. Selanjutnya, data dapat diakses oleh pengguna kapanpun dan dimanapun dengan aplikasi mobile yang telah dirancang. Data yang ditampilkan

digunakan oleh pengguna untuk memantau perkembangan dari tanaman spirulinanya dan mendapatkan notifikasi jika sudah siap dipanen.

### 3.2.1 Blok Diagram Sistem



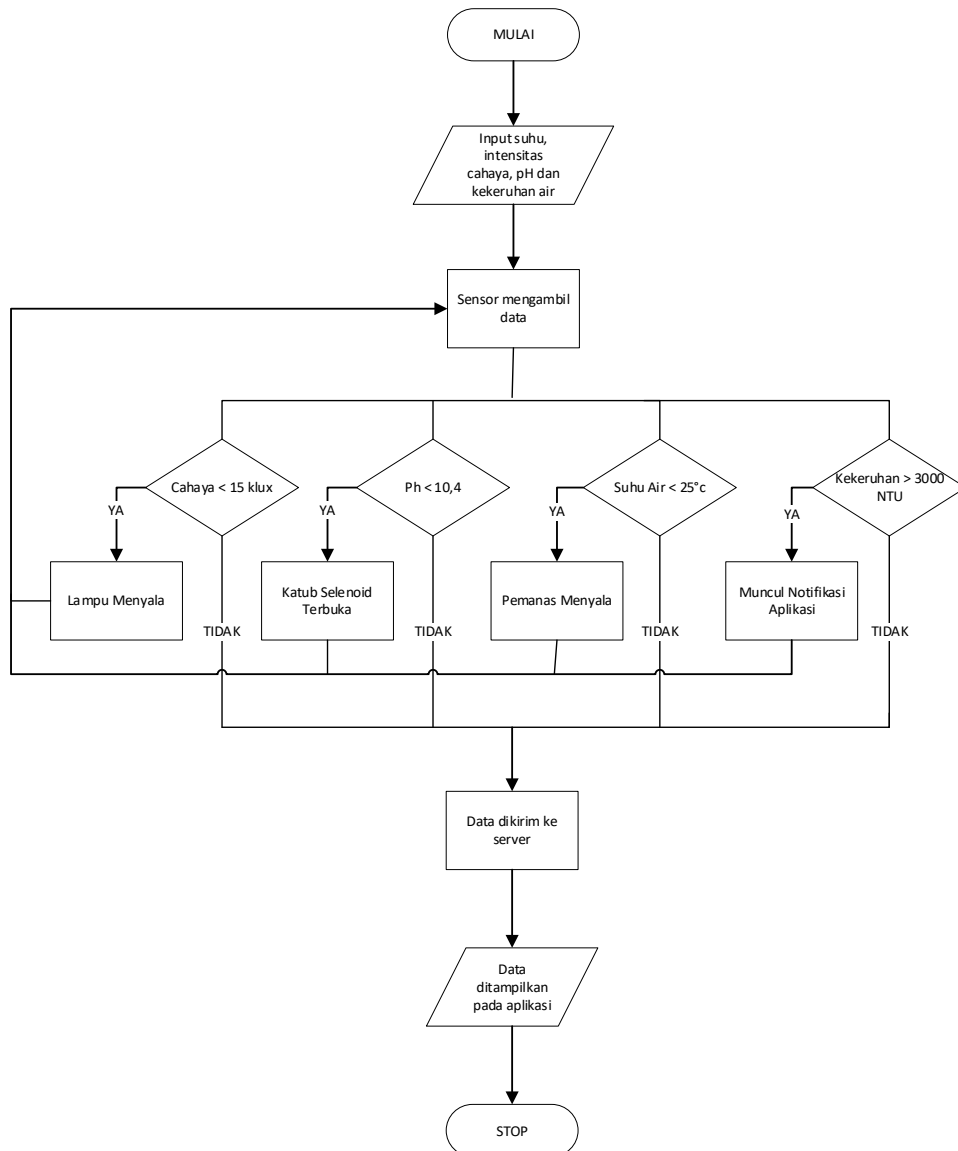
**Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem**

Dilihat dari Gambar 3.3 terdapat empat sensor sebagai inputan sistem. Data yang telah dibaca oleh sensor tersebut akan digunakan sebagai tolak ukur pada

mikrokontroler untuk menentukan tindakan dari kondisi pada saat itu. Jika data tidak sesuai dengan parameter yang telah ditentukan sebelumnya, maka akan memicu tindakan. Tindakan tersebut antara lain, nyala lampu yang akan berubah menjadi lebih terang maupun meredup, katub solenoid pada saluran pupuk terbuka, buzzer yang menandakan spirulina sudah siap panen menyala dan motor yang akan menyala selama satu menit setiap 15 menit sekali. Data inputan tersebut juga akan dikirimkan melalui NodeMCU ESP8266, ke server, kemudian dikirimkan ke aplikasi android yang sudah dirancang. Data ini yang akan digunakan oleh pengguna untuk memonitor perkembangan spirulina tersebut.

### **3.2.2 Flowchart Sistem**

Gambar 3.4 adalah *flowchart* dari sistem monitoring budidaya spirulina, sensor cahaya, pH, dan kekeruhan akan menjadi inputan yang sudah ditetapkan ambang batasnya, yang mana jika kondisi pada saat itu tidak sesuai, maka akan terjadi sebuah tindakan, dari nyala lampu, katub solenoid, maupun buzzer. Selain itu juga terdapat motor yang akan menyala setiap 15 menit. Semua data dari semua sensor termasuk sensor suhu akan dikirimkan ke server melalui NodeMCU ESP8266. Data tersebut akan ditampilkan pada aplikasi android yang dirancang. Data yang ditampilkan akan digunakan oleh pengguna untuk melihat sejauh mana perkembangan dari tanamannya.



**Gambar 3.4 Flowchart Sistem**

### 3.3 Metode Pengujian Sistem

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem monitoring yang menggunakan 4 buah sensor yang berbeda yaitu sensor suhu, sensor cahaya, sensor pH dan sensor kekeruhan. Agar sistem monitoring berjalan dengan benar diperlukan adanya pengujian masing-masing sensor untuk memastikan sensor berjalan tanpa kendala. Sensor diuji dengan melakukan kalibrasi sensor sebelum diimplementasikan pada

sistem. Untuk melakukan proses kalibrasi sensor dilakukan perbandingan nilai yang diperoleh dari sensor dengan alat pembanding dari setiap indikator. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mencari galat relatif dari perbandingan data. Terdapat rumus untuk menghitung galat relatif serta galat absolut (Agustia & Kiki H, 2018).

Rumus menghitung galat absolut

$$Ea = |Xi - Xp| \quad (1)$$

Rumus Menghitung galat relatif

$$Er = \left( \frac{Ea}{Xp} \right) * 100\% \quad (2)$$

Er = galat relatif (%)  
 Ea = galat absolut  
 Xi = nilai pengukuran  
 Xp = nilai sejati

### 3.4 Metode Analisa

Penelitian ini akan menganalisa pengaruh sistem monitoring yang sudah dibuat pada budidaya spirulina. Akan dilakukan pengamatan pada kekeruhan di kolam dua kultur yang berbeda. Pengamatan dilakukan dengan cara mengambil sampel dari kedua kolam setiap hari sampai waktu panen tiba. Setelah itu, dibuat perbandingan dari dua sampel yang sudah diambil untuk membandingkan tingkat kekeruhan di kedua kultur yang diamati. Hasil akhir yang akan dibuat berupa grafik yang menjelaskan tentang tingkat kekeruhan pada kedua kultur, yang menggunakan sistem monitoring maupun yang tidak menggunakan sistem monitoring.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Pengujian**

Penelitian ini melakukan output pengujian dalam dua obyek, pengujian sensor serta pengujian sistem. Hal ini dilakukan supaya mengetahui taraf akurasi berdasarkan sistem yang sudah dibuat dalam sistem monitoring.

##### **4.1.1 Pengujian Sensor**

Pada pengujian sensor dilakukan pengujian seluruh sensor yang terpasang pada sistem monitoring. Hasil berdasarkan pengujian ini, peneliti bisa mengetahui bahwa sensor yang tersambung bisa berjalan sinkron sesuai yang diharapkan. Adapun sensor yg dipakai merupakan sensor pH, intensitas cahaya, suhu air, dan sensor kekeruhan.

##### **1. Pengujian Sensor Suhu DHT 22 dengan Thermometer HTC-2**

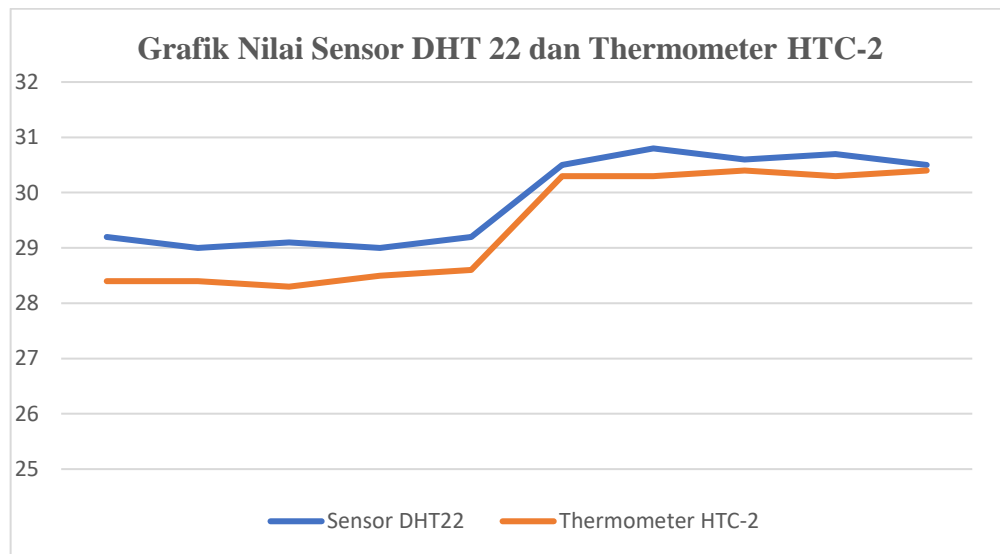
Hasil pembacaan sensor suhu udara dari DHT 22 dibandingkan dengan pembacaan suhu udara yang menggunakan thermometer HTC-2. Hasil perbandingan tersebut ditampilkan pada Tabel 4.1.

Data pada Tabel 4.1 adalah hasil dari pembacaan nilai suhu dengan menggunakan alat ukur yang biasa digunakan (thermometer HTC-2) dan sensor DHT 22. Sedangkan pada Gambar 4.1 menampilkan grafik selisih antara hasil uji coba pada parameter suhu. Selanjutnya, dari kedua data yang diperoleh akan didapatkan presentase serta nilai rata-rata galat. Nilai galat didapatkan dengan cara

penghitungan galat relatif pada kedua data yang telah diperoleh. Berikut merupakan penghitungan galat relatif dari pengujian sensor DHT22 dan thermometer HTC-2.

**Tabel 4.1 Perbandingan Nilai Sensor DHT 22 dan *Thermometer* HTC-2**

No	Sensor DHT 22 (C)	Thermometer HTC-2 (C)	Error (%)
1	29.2	28.4	2.81
2	29	28.4	2.11
3	29.1	28.3	2.83
4	29	28.5	1.75
5	29.2	28.6	2.10
6	30.5	30.3	0.66
7	30.8	30.3	1.65
8	30.6	30.4	0.66
9	30.7	30.3	1.32
10	30.5	30.4	0.33



**Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu**

$$Error = \frac{DHT22 - HTC - 2}{HTC - 2} \times 100\%$$

$$Error = \frac{29.2 - 28.4}{28.4} \times 100\%$$

$$Error = 2.81\%$$

Hasil yang diperoleh pada penghitungan galat relatif yang menggunakan data pertama dari pengujian suhu udara adalah 2.81%. Kemudian dilakukan penghitungan rata rata galat pada perbandingan suhu.

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum Error}{\sum Data\ Uji}$$

$$Rata - rata\ error = \frac{16.22}{10}$$

$$Rata - rata\ error = 1.62$$

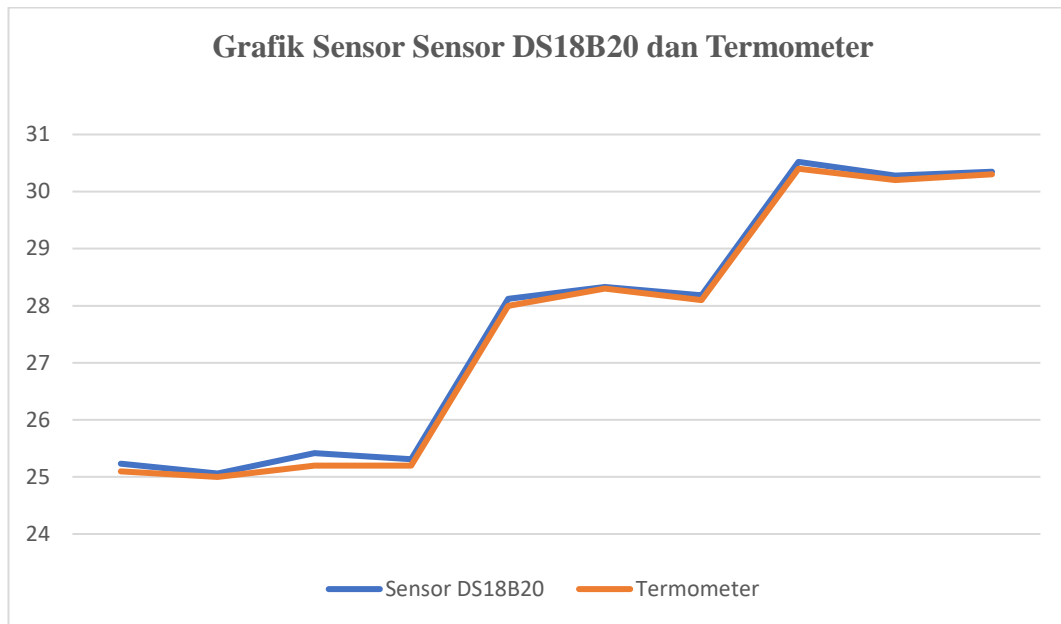
Diperoleh rata-rata perbandingan suhu udara yang memakai sensor thermometer HTC-2 dan sensor DHT 22 adalah sebesar 1.62%.

## 2. Pengujian sensor DS18B20 dengan thermometer digital

Pada pengujian sensor DS18B20 yang digunakan untuk mengukur suhu air, dilakukan perbandingan antara nilai suhu air yang diperoleh dari sensor DS18B20. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.2.

**Table 4.2 Perbandingan Nilai Sensor DS18B20 dan Termometer Digital**

No	Sensor DS18B20	Termometer	Error (%)
1	25.23	25.1	0.52
2	25.06	25.0	0.24
3	25.42	25.2	0.87
4	25.31	25.2	0.44
5	28.12	28.0	0.43
6	28.33	28.3	0.11
7	28.18	28.1	0.29
8	30.52	30.4	0.40
9	30.28	30.2	0.26
10	30.35	30.3	0.17



**Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Sensor DS18B20 dan Termometer**

Tabel 4.2 adalah hasil dari keluaran nilai suhu air dengan menggunakan sensor DS18B20 dan termometer. Sedangkan pada Gambar 4.2 menampilkan grafik perbandingan pada parameter suhu air. Selanjutnya, dari kedua data yang didapatkan akan dihitung presentase galat dan rata-rata galat tersebut. Nilai galat didapatkan dengan cara penghitungan galat relatif pada kedua data yang telah diperoleh. Berikut merupakan penghitungan galat relatif pada data yang pertama dari pengujian sensor DS18B20 dan termometer.

$$Error = \frac{DS18B20 - Termometer}{Termometer} \times 100\%$$

$$Error = \frac{25.23 - 25.1}{25.1} \times 100\%$$

$$Error = 0.52\%$$

Hasil yang diperoleh pada penghitungan galat relatif yang menggunakan data pertama dari pengujian suhu air adalah 0.52%. Kemudian dilakukan penghitungan rata rata galat pada perbandingan suhu air.

$$\text{Rata - rata error} = \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Data Uji}}$$

$$\text{Rata - rata error} = \frac{3.73}{10}$$

$$\text{Rata - rata error} = 0.37$$

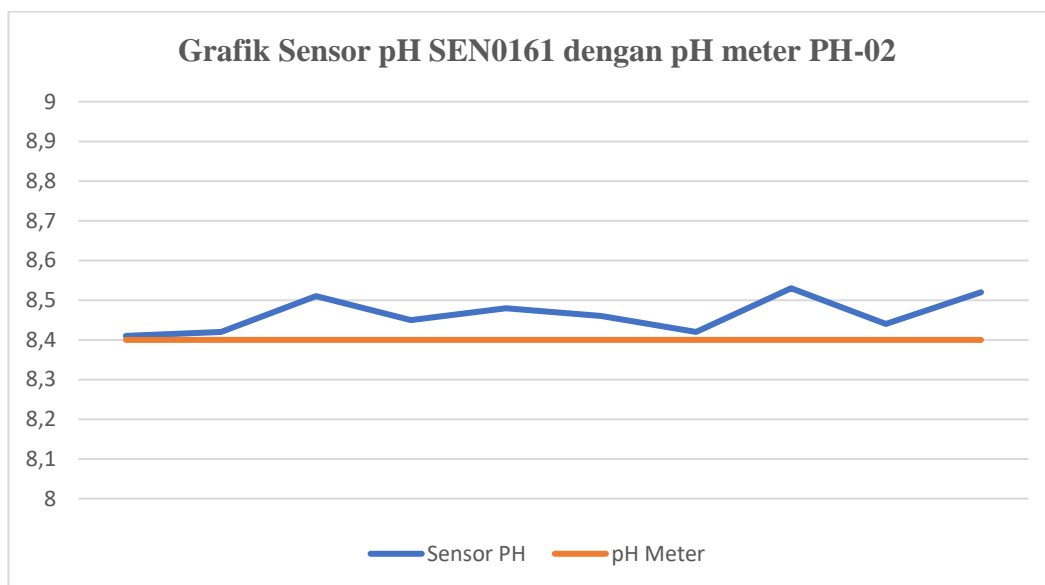
Hasil penghitungan didapatkan rata-rata galat suhu air yang menggunakan sensor DS18B20 dengan suhu termometer adalah sebesar 0.37%.

### 3. Pengujian sensor SEN0161 dengan pH meter PH-02

Pada pengujian sensor pH dilakukan perbandingan diantara nilai pH yang didapat dari sensor pH dengan nilai dari pH meter. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Perbandingan Nilai sensor SEN0161 dengan pH meter PH-02**

No	Sensor pH SEN0161	pH meter PH-02	Error (%)
1	8.41	8.4	0.12
2	8.42	8.4	0.24
3	8.51	8.4	1.31
4	8.45	8.4	0.60
5	8.48	8.4	0.95
6	8.46	8.4	0.71
7	8.42	8.4	0.24
8	8.53	8.4	1.55
9	8.44	8.4	0.48
10	8.52	8.4	1.43



**Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian sensor pH dan pH meter**

Data yang diperoleh dari pengujian sensor pH pada Tabel 4.3 kemudian ditampilkan dengan grafik yang memperlihatkan perbandingan diantara sensor pH dan pH meter seperti pada Gambar 4.3. Selanjutnya, data yang didapat akan diolah untuk mendapatkan presentase galat serta nilai rata-rata galat tersebut. Nilai galat didapatkan dengan cara penghitungan galat relatif pada kedua data yang telah diperoleh. Berikut merupakan penghitungan galat relatif pada data yang pertama dari pengujian sensor pH dan pH meter.

$$Error = \frac{\text{Sensor pH} - \text{pH Meter}}{\text{pH Meter}} \times 100\%$$

$$Error = \frac{8.41 - 8.4}{8.4} \times 100\%$$

$$Error = 0.12\%$$

Hasil yang diperoleh pada penghitungan galat relatif yang menggunakan data pertama dari pengujian pH adalah 0.12%. Kemudian dilakukan penghitungan rata rata galat pada perbandingan pH.

$$\text{Rata - rata error} = \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Data Uji}}$$

$$\text{Rata - rata error} = \frac{7.63}{10}$$

$$\text{Rata - rata error} = 0.76$$

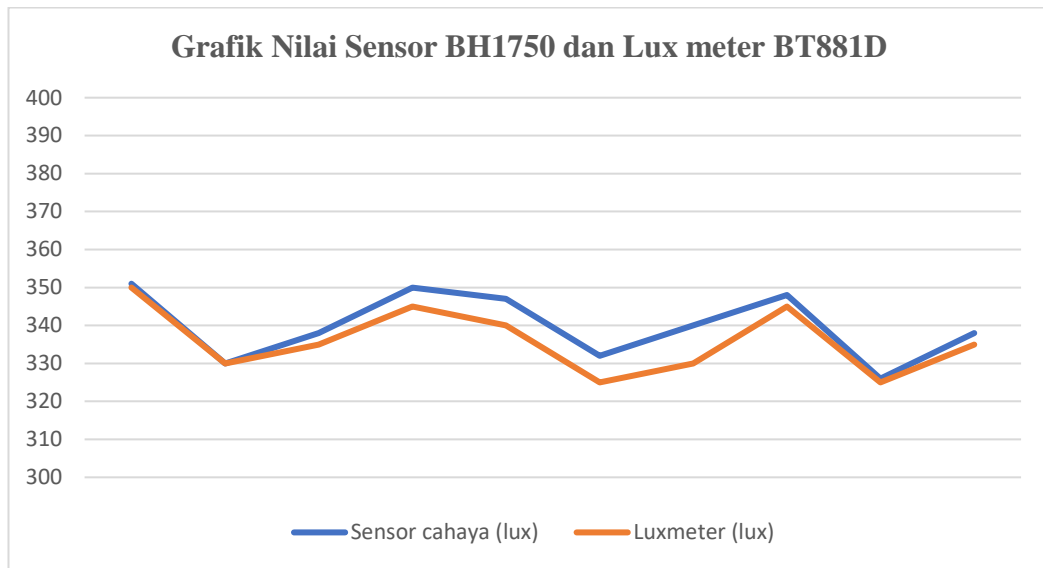
Diperoleh rata-rata perbandingan suhu udara yang menggunakan sensor pH dengan ph pada pH meter adalah sebesar 0.76%.

#### 4. Pengujian sensor intensitas cahaya BH1750 dengan luxmeter BT881D

Pengujian sensor cahaya dilakukan dengan cara membandingkan antara nilai intensitas cahaya yang didapat dari sensor intensitas cahaya dengan nilai dari luxmeter. Hasil pengujian tersebut seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.4

**Tabel 4.4 Perbandingan Nilai Sensor Intensitas Cahaya BH1750 dan Luxmeter BT881D**

No	Sensor cahaya (lux)	Luxmeter (lux)	Error (%)
1	351	350	0.29
2	330	330	0
3	338	335	0.9
4	350	345	1.45
5	347	340	2.06
6	332	325	2.15
7	340	330	3.03
8	348	345	0.87
9	326	325	0.31
10	338	335	0.9



**Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian sensor BH1750 dan Lux meter BT881D**

Gambar 4.4 menunjukkan grafik dari perbandingan antara data yang diperoleh sensor intensitas cahaya dengan lux meter. Kemudian, data yang didapatkan akan dikalkulasi untuk mendapatkan presentase galat serta nilai rata-rata galat tersebut. Nilai galat didapatkan dengan cara penghitungan galat relatif pada kedua data yang telah diperoleh. Berikut merupakan penghitungan galat relatif pada data yang pertama dari pengujian sensor intensitas cahaya dan luxmeter.

$$Error = \frac{BH1750 - Lux\ Meter}{Lux\ Meter} \times 100\%$$

$$Error = \frac{351 - 350}{350} \times 100\%$$

$$Error = 0.29\%$$

Hasil yang diperoleh pada penghitungan galat relatif yang menggunakan data pertama dari pengujian intensitas cahaya adalah 0.29%. Kemudian dilakukan penghitungan rata rata galat pada perbandingan intensitas cahaya.

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum Error}{\sum Data\ Uji}$$

$$Rata - rata\ error = \frac{11.9}{10}$$

$$Rata - rata\ error = 1.2$$

Diperoleh rata-rata perbandingan intensitas cahaya yang menggunakan sensor intensitas cahaya dengan intensitas cahaya yang dibaca oleh luxmeter adalah sebesar 1.2%.

## 5. Pengujian sensor kekeruhan SEN0189

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010, dijelaskan bahwa batas kekeruhan maksimal pada air mineral yang layak dikonsumsi adalah 5 NTU. Dengan demikian, dilakukan pengujian sensor kekeruhan dengan cara membandingkan data yang diperoleh sensor kekeruhan pada air mineral. Pengujian sensor turbidity seharusnya menunjukkan angka dibawah 5 NTU. Berikut tabel yang menunjukkan data pengujian sensor kekeruhan di dalam air mineral.

**Tabel 4.5 Pengujian sensor kekeruhan SEN1089 pada air mineral**

Pengujian	Hasil sensor kekeruhan
1	0,63
2	0,63
3	0,52
4	0,63
5	0,52
6	0,63

Dari pengujian yang dilakukan sebanyak 6 kali pada air mineral, diperoleh nilai kekeruhan 0,52-0,53 NTU yang berarti nilai yang diperoleh sensor

kekeruhan berada dibawah 5 NTU. Hal ini menunjukkan bahwa sensor kekeruhan yang digunakan berjalan dengan baik.

#### 4.1.2 Pengujian Aktuator

Pada penelitian ini, terdapat beberapa aktuator yang digunakan untuk mendapatkan nilai parameter sesuai ambang batas yang ditetapkan. Aktuator yang digunakan adalah untuk menyesuaikan suhu air, pH air, serta intensitas cahaya.

##### 1. Suhu Air

Aktuator suhu air pada penelitian ini, hanya menggunakan pemanas dikarenakan suhu di kota malang yang cenderung dingin. Pengujian dilakukan dengan menguji apakah aktuator berfungsi dengan baik jika suhu air kurang dari 22 derajat celcius. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, dengan cara memasukkan alat pada air dengan suhu berbeda. Hasil pengujian terdapat pada tabel berikut.

**Tabel 4.6 Pengujian Aktuator Suhu Air**

Sensor Suhu Air	Status Aktuator	Kesimpulan
20,3	Menyala	Suhu air dibawah 22 derajat
21,2	Menyala	Suhu air dibawah 22 derajat
26,2	Mati	Suhu air diatas 22 derajat
19,4	Menyala	Suhu air dibawah 22 derajat
28,6	Mati	Suhu air diatas 22 derajat

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa aktuator akan menyala jika suhu air kurang dari 22 derajat celcius. Hal ini menunjukkan bahwa aktuator suhu air berjalan dengan baik sesuai fungsinya.

## 2. pH Air

Aktuator pH air pada penelitian ini berfungsi untuk menaikkan nilai pH jika pH menurun. Menaikkan nilai pH dilakukan dengan menambahkan larutan pada kultur spirulina. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, untuk mengetahui aktuator pH air berjalan dengan baik jika pH kurang dari 8. Berikut adalah hasil pengujian seperti pada Tabel di bawah.

**Tabel 4.7 Pengujian Aktuator pH Air**

Sensor pH	Status Aktuator	Kesimpulan
7,3	Menyala	pH kurang dari ambang batas
7	Menyala	pH kurang dari ambang batas
8,9	Mati	pH mencapai ambang batas
8,5	Mati	pH mencapai ambang batas
7	Menyala	pH kurang dari ambang batas

## 3. Intensitas Cahaya

Aktuator pada intensitas cahaya pada penelitian ini berfungsi untuk menstabilkan cahaya yang diperoleh spirulina. Standar intensitas cahaya yang dibutuhkan spirulina untuk tumbuh dengan baik adalah 1500 lux. Pada lokasi penelitian yang digunakan, intensitas cahaya lebih dari 1500 lux pada hari yang cerah dan turun menjadi 1000 lux pada titik tergelap.

Oleh karena itu peningkatan intensitas cahaya diberikan dengan lampu LED yang memancarkan 500 lux, kemudian dihubungkan dengan *AC Light Dimmer* untuk mengatur intensitas cahaya yang didapat spirulina. Untuk menguji aktuator, dilakukan tiga kali percobaan dengan hasil sebagai berikut.

**Tabel 4.8 Pengujian Aktuator Cahaya**

Intensitas Cahaya	Nyala Lampu
951	Lampu menyala terang
1214	Lampu menyala redup
1505	Lampu mati
823	Lampu menyala terang
1357	Lampu menyala redup

Dari Tabel di atas dapat dilihat bahwa aktuator akan menyala jika intensitas cahaya berada di antara 0-1500 lux. Hal ini menunjukkan bahwa aktuator suhu air berjalan dengan baik sesuai fungsinya.

## **4.2 Pembahasan**

Sub bab ini akan menjelaskan tentang pembahasan dari alat yang telah dirancang baik dari pembahasan sistem *hardware* dan *software*.

### **4.2.1 Kultur Spirulina**

Kultur spirulina menggunakan dua kotak plastik berukuran 30 liter. Salah satu kotak digunakan untuk membuat tempat kultur yang menggunakan sistem monitoring, serta satu kotak tanpa menggunakan sistem monitoring. Setiap kultur ditutup dengan menggunakan penutup plastik dengan ketebalan 80 mikron, agar

tidak ada organisme lain yang dapat masuk. Bentuk tempat kultur ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 4.5 Kultur Spirulina**

Selanjutnya, pada gambar tersebut juga terdapat alat pencahayaan otomatis yang terdiri dari lampu pertumbuhan dengan *ac light dimmer* dan sudah di sambungkan pada mikrokontroler untuk mengatur batas nyalanya. Alat ini menggunakan lampu pertumbuhan led berwarna merah dan biru yang paling optimal untuk pertumbuhan tumbuhan, disambungkan pada *ac light dimmer* yang terhubung pada mikrokontroler.

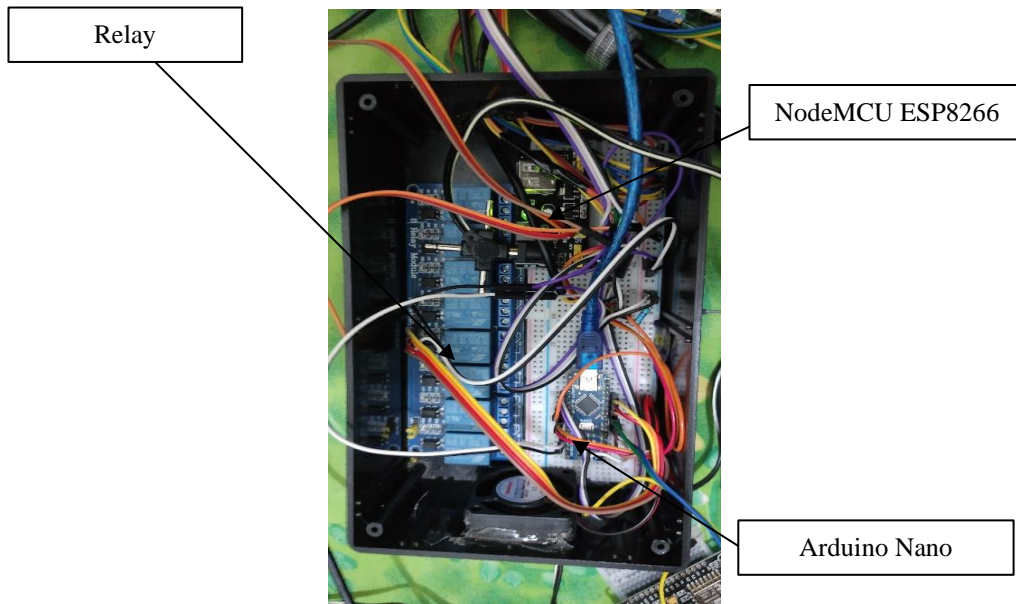


**Gambar 4.6 Aktuator Pemanas Air**

Berikutnya pada gambar diatas merupakan alat pemanas air sederhana, menggunakan selang akuarium berukuran 5/16 yang disambungkan pompa dc 5volt, kemudian dialirkan menuju waterblock berukuran 3x3 yang telah di gabungkan dengan 2 buah peltier 12volt yang berfungsi sebagai pemanasnya. Pemilihan pemanas buatan seperti gambar diatas daripada pemanas besi yang biasa karena dikhawatirkan pemanas biasa yang terbuat dari besi malah akan membuat spirulina menjadi hangus.

#### **4.2.2 Sistem *Hardware***

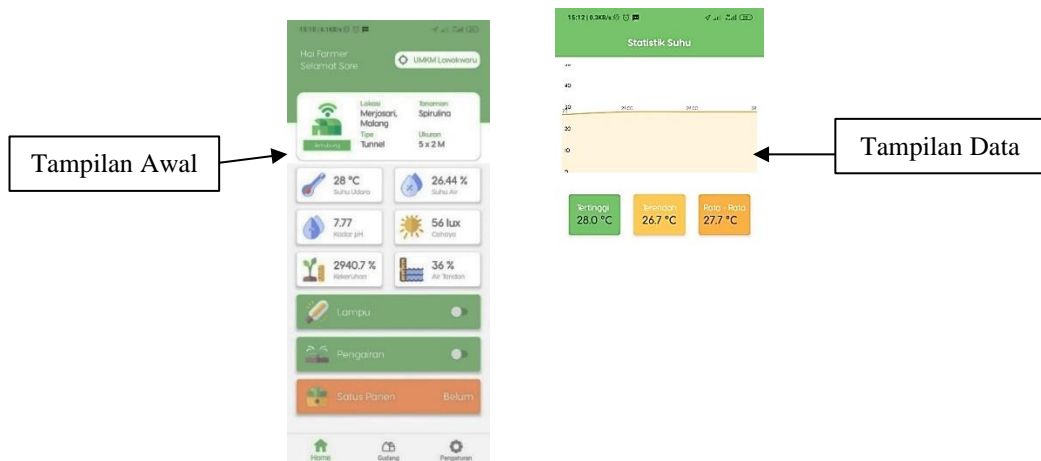
Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Ini adalah alat utama untuk mengumpulkan data dari semua sensor dan menjalankan aktuator. Sensor yang berhasil membaca data dari objek mengirimkan data tersebut ke NodeMCU ESP8266, yang kemudian dikirimkan ke server. NodeMCU ESP8266 ini menggunakan komunikasi serial untuk pertukaran data dengan mikrokontroler. Gambar ini menunjukkan beberapa komponen utama yang terdapat dalam kotak proyek. Komponen utama dalam project box tersebut berisi Arduino Nano, NodeMCU ESP8266 dan relay.



**Gambar 4.7 Rangkaian Komponen**

#### 4.2.3 Sistem Software

Sistem *software* yang digunakan pada alat ini adalah aplikasi android yang dirancang menggunakan android studio dengan bahasa pemrograman kotlin dan xml. Fungsi dari app ini adalah untuk memonitor dan mengkondisikan kultur spirulina di mana saja serta kapan saja.



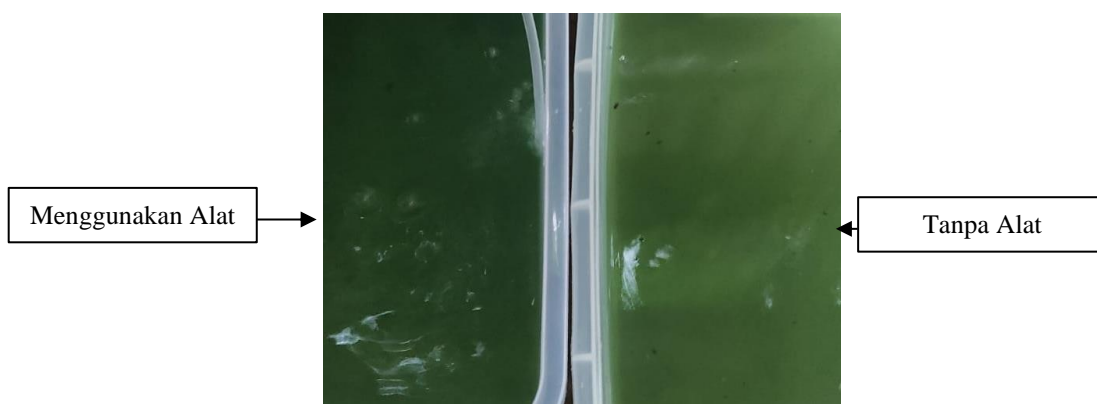
**Gambar 4.8 Tampilan Aplikasi Smart Kultur Spirulina**

Aplikasi yang dirancang, memiliki tampilan awal seperti gambar di atas, pada tampilan awal dapat dilihat semua status dari setiap parameter pertumbuhan yang dipantau maupun status kultur apakah sudah siap di panen atau belum. Pada setiap parameter, dapat di tekan dan akan muncul tampilan grafik data seperti gambar dibawah.

Selain itu, aplikasi ini juga dapat memberikan notifikasi pada user, jika spirulina sudah dapat dipanen. Notifikasi tersebut mengacu pada data dari sensor kekeruhannya. Apabila pembacaan sensor kekeruhan sudah melebihi ambang batas yang ditentukan, maka notifikasi akan muncul pada layar pengguna.

#### 4.3 Analisa Hasil Produksi

Pada penelitian ini, analisa hasil produksi dilakukan dengan cara membandingkan hasil panen spirulina pada kultur yang menggunakan sistem monitoring dan kultur spirulina yang tidak menggunakannya. Pada penelitian yang kami lakukan, perbedaan pertumbuhan kedua kultur cukup signifikan. Dari pertumbuhan perharinya, kultur spirulina yang menggunakan sistem monitoring sedikit lebih optimal dibanding dengan yang tanpa menggunakan sistem.

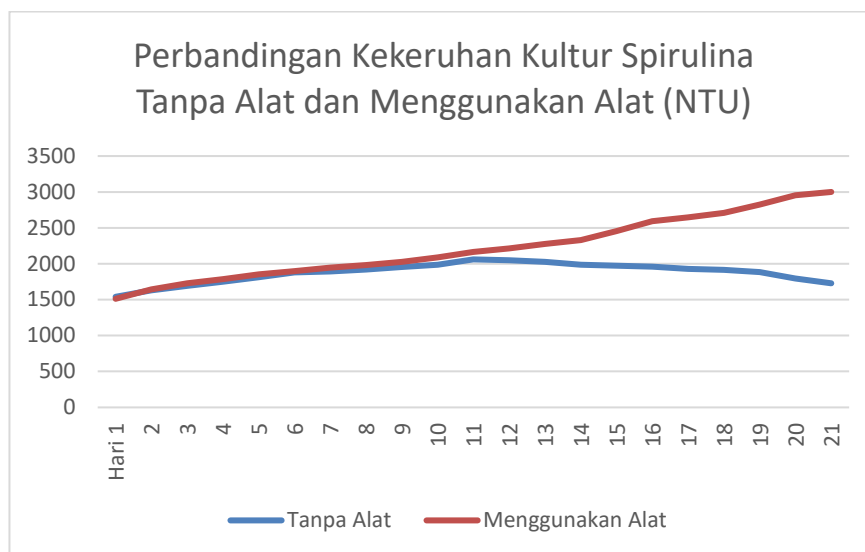


**Gambar 4.9 Kultur Spirulina Tanpa Alat (Kanan) dan Menggunakan Alat (Kiri) pada Hari ke 7**

Gambar diatas menunjukkan kultur spirulina pada hari ke 7. Terlihat kultur yang menggunakan sistem monitoring lebih pekat dibandingkan dengan kultur yang lainnya. Tabel berikut merupakan data kekeruhan kultur yang menggunakan alat serta tanpa menggunakan alat yang diambil setiap hari, yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik.

**Table 4.9 Tabel Perbandingan Kekeruhan Spirulina Tanpa Alat dan Menggunakan Alat**

Hari	Tanpa Alat	Menggunakan Alat
1	1540	1512
2	1631	1643
3	1694	1728
4	1752	1787
5	1813	1854
6	1878	1899
7	1892	1946
8	1920	1982
9	1954	2027
10	1987	2090
11	2061	2165
12	2049	2214
13	2027	2275
14	1985	2331
15	1974	2453
16	1962	2595
17	1930	2648
18	1916	2710
19	1882	2824
20	1793	2952
21	1727	3000



**Gambar 4.10 Perbandingan Kekeruhan Kultur Spirulina Tanpa Alat dan Menggunakan Alat (NTU)**

Pada kultur yang menggunakan alat, spirulina sudah layak untuk dipanen dalam 21 hari. Sedangkan pada kultur yang satunya, di hari ke 21, masih memiliki kekeruhan yang belum begitu tinggi. Terdapat dua faktor yang menjadi kemungkinan pertumbuhan spirulina memiliki perbedaan yang signifikan.

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan spirulina pada dua kultur tersebut diantaranya adalah suhu dan cahaya. Suhu optimal pada pertumbuhan spirulina adalah antara 22°C-37°C. Sedangkan suhu kota Malang yang pada saat penelitian ini dijalankan tidak begitu stabil setiap harinya. Seperti suhu di kota malang pada tanggal 18 september 2021, suhu terendah berada pada 19 derajat celcius, dan titik tertinggi 31 derajat celcius. Tidak menutup kemungkinan suhu tersebut menjadi faktor yang menghambat pertumbuhan spirulina pada kultur yang tidak menggunakan alat.

Selanjutnya faktor yang mungkin menjadi penghambat adalah cahaya. Kedua kultur yang dibuat ditempat yang sama, hal ini agar keduanya memperoleh cahaya yang sama. Akan tetapi, kultur yang memiliki alat monitoring cenderung lebih stabil mendapatkan asupan cahaya dibandingkan dengan kultur yang tidak menggunakan sistem monitoring. Sistem monitoring yang dirancang, memiliki aktuator cahaya, yang memungkinkan kultur mendapat cahaya yang stabil setiap harinya.

Melalui data yang diperoleh dari kedua kultur, dapat dihitung presentase peningkatan pertumbuhan spirulina yang menggunakan alat monitoring ataupun tanpa alat dengan nilai kekeruhan yang telah diketahui. Adapun penghitungan tersebut menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\textit{Presentase Peningkatan} = \frac{\textit{Kultur A} - \textit{Kultur B}}{\textit{Kultur B}} \times 100\%$$

*Kultur A = Kultur dengan menggunakan alat*

*Kultur B = Kultur tanpa menggunakan alat*

Kemudian didapatkan hasil penghitungan presentase peningkatan pertumbuhan dari kultur spirulina tersebut. Penghitungan dimulai dari hari pertama hingga hari dimana kultur yang tidak menggunakan alat mengalami penurunan kekeruhan, yaitu hari ke-13. Penurunan tersebut disebabkan beberapa kemungkinan faktor-faktor yang sudah dijelaskan sebelumnya. Berikut adalah tabel presentase peningkatan pertumbuhan spirulina.

**4.10 Presentase Peningkatan Pertumbuhan Spirulina Pada Kultur yang Menggunakan Alat Monitoring dan Tanpa Alat Monitoring**

Hari	Presentase Peningkatan (%)
1	-1.818
2	0.735
3	2.007
4	1.997
5	2.261
6	1.118
7	2.854
8	3.229
9	3.736
10	5.183
11	5.046
12	8.052
13	12.234

Selanjutnya, dapat dihitung rata rata peningkatan spirulina dari hari pertama hingga hari ke 13. Penghitungan rata rata tersebut menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rata - rata peningkatan} = \frac{\sum \text{Presentase Peningkatan}}{\sum \text{Hari}}$$

$$\text{Rata - rata peningkatan} = \frac{46.638}{13}$$

$$\text{Rata - rata peningkatan} = 3.588$$

Diperoleh rata-rata perbandingan peningkatan kekeruhan spirulina antara kultur yang menggunakan alat dengan kultur yang tidak menggunakan alat adalah sebesar 3.588%.

Melihat dari pertumbuhan spirulina dengan sistem monitoring yang memiliki pertumbuhan sedikit lebih baik daripada kultur yang tanpa menggunakan sistem monitoring. Dengan demikian, hasil produksi spirulina dengan menggunakan sistem monitoring tersebut lebih optimal.

#### 4.4 Wawancara

Wawancara dilakukan pada petani spirulina di daerah Joyosuko kota Malang. Tempat wawancara dilakukan di kebun petani tersebut, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.



**Gambar 4.11** Wawancara Bersama petani spirulina.

Wawancara dilakukan dengan untuk memastikan sistem secara fungsional akan dapat digunakan oleh petani atau tidak. Sebelum wawancara kami telah menunjukkan alat serta aplikasi yang kami gunakan. Kemudian dilakukan wawancara dengan beberapa pertanyaan yang telah disiapkan. Hasil dari wawancara yang sudah dilakukan ditampilkan pada tabel pertanyaan dan jawaban sebagai berikut.

**Tabel 4.11** Tabel pertanyaan dan jawaban wawancara pada petani spirulina.

<b>Pertanyaan</b>	<b>Jawaban</b>
Apakah aplikasi yang telah dibuat mudah digunakan?	Ya, mudah digunakan.
Apakah aplikasi yang telah dibuat mudah dipelajari?	Ya, sangat mudah.
Menurut anda apakah aplikasi ini akan membantu proses budidaya?	Ya, aplikasi monitor dari jarak jauh akan memudahkan saya untuk memantau dari rumah
Apakah kesan anda menggunakan aplikasi yang telah kami buat?	Aplikasinya sangat mudah digunakan, meskipun bagi orang awam teknologi. Desain tampilan bagus dan simple.
Menurut anda, apakah perlu ada penambahan fitur pada aplikasi tersebut?	Aplikasi sudah cukup lengkap, tetapi mungkin bisa ditambahkan fitur agar dapat memantau lebih dari satu kolam
Apakah terdapat kritik dan saran untuk aplikasi tersebut?	Untuk petani spirulina dalam jumlah besar, aplikasi perlu ditambahkan fitur seperti yang saya katakan tadi.

Melihat wawancara dengan salah satu petani spirulina di kota Malang, aplikasi yang dirancang untuk memantau sistem monitoring yang telah dibangun cukup memuaskan. Aplikasi dapat digunakan dengan baik oleh orang awam, khususnya petani spirulina. Dan juga sistem ini dapat memudahkan proses budidaya spirulina.

#### 4.5 Integrasi Islam

Kendala dalam pemantauan spirulina menjadi salah satu kesulitan dalam budidaya spirulina. Dengan kemajuan teknologi, kesulitan tersebut dapat diatasi dengan merencanakan alat untuk memonitor keadaan spirulina yang dibudidaya. Alat yang dibangun pada penelitian ini adalah salah satu bentuk kelapangan yang diberikan Allah dalam kesulitan atau halangan budidaya spirulina.

Allah telah menjanjikan kemudahan dalam setiap kesulitan, sesuai firman Allah pada QS Al-Insyirah ayat 5 yang berbunyi:

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”*

Dalam ayat ini diwahyukan bahwa Allah pasti memiliki ruang di setiap ruang kecil dan jalan keluar di setiap kekurangan sarana untuk memuaskan keinginan. Namun untuk mencapai sesuatu, Anda tetap harus berpegang teguh pada kesabaran dan kepercayaan kepada Tuhan. Inilah sifat Nabi ketika ia putus asa menghadapi tantangan umatnya, baik sebelum maupun sesudah diangkat sebagai utusan.

Selanjutnya, dengan memantau pertumbuhan budidaya kita juga dapat mencermati tentang penciptaan tumbuhan seperti pada QS Abasa ayat 24-32 yang berbunyi :

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ٢٤ أَنَا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا ٢٥ ثُمَّ شَقَقْنَا  
 الْأَرْضَ شَقًّا ٢٦ فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ٢٧ وَعِنَبًا وَقَضْبًا ٢٨ وَزَيْتُونًا وَنَخْلًا  
 ٢٩ وَحَدَائِقَ غُلْبًا ٣٠ وَفَاكِهَةً وَأَبًّا ٣١ مَتَاعًا لَكُمْ وَلِأَنْعَامِكُمْ ٣٢

*“24 Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya. 25 Sesungguhnya kami benar-benar telah mencurahkan air (dari langit) 26 Kemudian kami belah bumi dengan sebaik-baiknya, 27 Lalu kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, 28 Anggur dan sayur-sayuran, 29 Zaitun dan kurma, 30 Kebun-kebun (yang) lebat, 31 dan buah-buahan serta rumput-rumputan, 32 Untuk kesenanganmu dan untuk binatang-binatang ternakmu.”*

Jadi, apakah manusia perlu memikirkan bagaimana Allah menciptakan makanan mereka, yang merupakan pilar kehidupan mereka? Kami menurunkan hujan di bumi, kemudian kami membagi bumi dengan apa yang keluar darinya berupa berbagai jenis tanaman, di mana kami menghasilkan tanaman, anggur dan rumput untuk ternak, Menanam pohon zaitun dan kurma, kebun dan pohon besar, buah-buahan dan sabana, Anda menikmatinya seperti halnya ternak Anda. (Kementrian Agama Saudi Arabia, 2013).

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari pembuatan alat serta eksperimen yang telah dilakukan diperoleh hasil yang dapat disimpulkan bahwa;

1. Peralatan *Internet of Things* dapat melakukan pengukuran parameter pH air, suhu air, dan intensitas cahaya. Masing-masing sensor yang digunakan memiliki kesalahan sebesar 1.2% untuk sensor cahaya, 0.37% untuk sensor suhu air, dan 0.76% untuk sensor pH.
2. Presentase peningkatan pertumbuhan Spirulina dengan membandingkan kekeruhan pada kultur yang tidak menggunakan alat monitoring dengan kultur yang menggunakan alat monitoring adalah sebesar 3,59%. Serta wawancara dengan salah satu responden petani spirulina, diperoleh bahwa sistem monitoring yang telah dibuat membantu budidaya dan mudah digunakan oleh petani tersebut.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dijalani, ditemui beberapa kekurangan yang dilakukan pada proses penelitian. Maka dari itu, penulis memiliki beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian lanjutan.

1. Sistem yang dirancang masih terbatas untuk skala kecil, untuk penelitian selanjutnya bisa dirancang untuk dapat digunakan pada kolam yang besar.

2. Penggunaan Arduino dan diganti dengan menggunakan mikrokontroler yang memiliki kapasitas memori lebih besar.
3. Rangkaian elektronik yang digunakan menggunakan PCB cetak, agar rangkaian lebih rapi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ada, Lady. (2021). *DHT22 temperature-humidity sensor + extras*. 2021. <https://www.adafruit.com/product/385>
- Agustia, R. D., & Kiki H, T. A. (2018). Pembangunan Prototype Aplikasi Pengawasan Dan Pengendalian Pembudidayaan Mikroalga Spirulina. *Komputa: Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, 7(1), 11–18. <https://doi.org/10.34010/komputa.v7i1.2531>
- Aquinas K H, T., & Agustia, R. D. (2018). *Sistem Pengendalian Dan Pengawasan Pada Budidaya Mikroalga Spirulina*. 112, 5–11.
- Asmi, J., & Candra, O. (2020). Prototype Solar Tracker Dua Sumbu Berbasis Microcontroller Arduino Nano dengan Sensor LDR. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(2), 54. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i2.108504>
- Astria, F., Subito, M., & Wiria, D. N. (2014). Rancang Bangun Alat Ukur Ph Dan Suhu Berbasis Short Message. *Mektrik*, 1(1), 47–55.
- Ayudyana, V., & Asrizal. (2019). *Rancang Bangun Sistem Pengontrolan pH Larutan Untuk Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things*. 12, 53–60.
- Ciferri, O., & Tiboni, O. (1985). *The Biochemistry and Industrial Potential of Spirulina*. 111.
- Cohen, Z., Avigad, V., & Amos, R. (1987). *Fatty Acid Composition of Spirulina Strains Grown Various Environmental Under Various Environmental con*.
- Departemen Sains dan Teknologi India. (2019). *Spirulina Farming*. [http://www.techno-preneur.net/technology/project-profiles/food/Spirulina.htm#:~:text=The matured Spirulina changes from,when Spirulina should be harvested.](http://www.techno-preneur.net/technology/project-profiles/food/Spirulina.htm#:~:text=The%20matured%20Spirulina%20changes%20from,when%20Spirulina%20should%20be%20harvested.)
- Furi, A., Iqbal, M., & Salahuddin, N. S. (2018). *Prototipe Sistem Otomatis Berbasis Iot Untuk Penyiraman Dan Pemupukan Tanaman Dalam Pot*. 2(1).
- Gunawan, R., Andhika, T., & Sandi Hibatulloh, F. (2019). Monitoring System for Soil Moisture, Temperature, pH and Automatic Watering of Tomato Plants Based on Internet of Things. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 7(1), 66–78. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i1.1640>
- Hidayat, M. T., Afroni, M. J., & Sugiono. (2019). Rancang Bangun Pemanas Suhu Kandang Anak Ayam Broiler Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega 2560. *Science Electro*, 10(1), 50–55.
- International Telecommunication Union. (2012). *Overview of the Internet of things*.
- Jourdan, J. P. (2013). *Grow Your Own Spirulina*.
- Kabinawa, I. N. (2006). *Spirulina; Ganggang Penggempur Aneka Penyakit*.
- Kementerian Agama Republik Indonesia. (2020). *Tafsir Lengkap Kemenag*. <https://qurano.com/id/94-al-insyirah/ayat-5/>
- Kementerian Agama Saudi Arabia. (2013). *Tafsir Al-Muyassar*. <https://tafsirweb.com/12096-surat-abasa-ayat-24.html>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2018). *KKP Kembangkan Tepung Spirulina Skala Rumah Tangga*. <https://kkp.go.id/artikel/5827-kkp-kembangkan-tepung-spirulina-skala->

rumah-tangga

- Kunsel, T., & Sumant, O. (2019). *Spirulina Market by Type (Arthrospira Platensis and Arthrospira Maxima), Application (Nutraceuticals, Cosmetics, Food & Beverages, Animal Feed, and Others), and Drug Formulation (Powder, Tablet & Capsule, Liquid, and Granule & Gelling Agent): Global Oppor.* <https://www.alliedmarketresearch.com/spirulina-market>
- Nugrahanto, I., Elektro, T., Wisnuwardhana, U., & Email, M. (2017). Pembuatan Water Level Sebagai Pengendali Water Pump Otomatis Berbasis Transistor. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik - Sistem*, 13(1), 59–70.
- Sabiran, M., Triyanto, D., & Suhardi. (2018). IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK PADA SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGONTROLAN BUDIDAYA TANAMAN JI . Prof . Dr . H . Hadari Nawawi , Pontianak Abstrak Jurnal Coding , Sistem Komputer Untan ISSN : 2338-4. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 06(1), 24–34.
- Satriadi, A., Wahyudi, & Christiyono, Y. (2019). PERANCANGAN HOME AUTOMATION BERBASIS NodeMCU. *Transient*, 8(1), 2685–0206. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- Simbolon, M. N. (2020). *Otomasi Panen Mikroalga Berdasarkan Waktu dan Kepekatan Warna menggunakan IoT di SBRC.* <http://ereport.ipb.ac.id/id/eprint/3585/1/j3d117160-01-mesi-cover.pdf>
- Titis, W. S. U. (2020). *Sistem Monitoring Ph Tanah Pada Tanaman Kelapa Sawit.*
- Wadu, R. A., Ada, Y. S. B., & Panggalo, I. U. (2017). Rancang Bangun Sistem Sirkulasi Air Pada Akuarium/ Bak Ikan Air Tawar Berdasarkan Keketuhan Air Secara Otomatis. *Jurnal Ilmiah FLASH*, 3(1), 1–10.
- Zaky, E. L., Hakim, R., & Hasan, H. (2017). Perancangan Mesin Pengering Hasil Pertanian Secara Konveksi Dengan Elemen Pemanas Infrared Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Dengan Sensor Ds18B20. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 2(3), 16–20.