

**APLIKASI PENGONTROL NUTRISI PADA TANAMAN PAKCOY
(*Brassica rapa L.*) MODEL BUDIDAYA HIDROPONIK WICK NON
IoT TERKENDALI DAN IoT YANG DI SUPPORT AERATOR
DAN KERAN OTOMATIS**

SKRIPSI

Oleh :
DWI FADLAN HIDAYAT
NIM : 220.01.03.1016



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2025**

**APLIKASI PENGONTROL NUTRISI PADA TANAMAN PAKCOY
(*Brassica rapa L.*) MODEL BUDIDAYA HIDROPONIK WICK NON
IoT TERKENDALI DAN IoT YANG DI SUPPORT OLEH AERATOR
DAN KERAN OTOMATIS**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian Strata Satu (S1)**

Oleh :
DWI FADLAN HIDAYAT
NIM : 220.01.03.1016



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : APLIKASI PENGONTROL NUTRISI PADA
TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa L.*) MODEL
BUDIDAYA HIDROPONIK WICK NON IoT
TERKENDALI DAN IoT YANG DI SUPPORT
OLEH AERATOR DAN KERAN OTOMATIS

Nama Mahasiswa : DWI FADLAN HIDAYAT

NPM : 22001031016

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Menyetujui,

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua



Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, SP,MP.

Dr. Ir. Anis Sholihah, MP.

NIP.196903081994032001

NIP.196811091994032002

Mengesahkan,

Menyetujui,



Dr. Ir. Anis Rosyidah, MP.

Anita Qur'ania, SP, M. Ling

NPP.1910200013

NIP.191803199532287

Tanggal Kelulusan :

LEMBAR PENGESAHAN

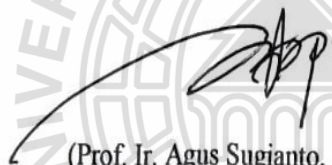
Judul Penelitian : APLIKASI PENGONTROL NUTRISI PADA TANAMAN
PAKCOY (*Brassica rapa L.*) MODEL BUDIDAYA
HIDROPONIK WICK NON IoT TERKENDALI DAN IoT
YANG DI SUPPORT OLEH AERATOR DAN KERAN
OTOMATIS

Nama Mahasiswa : Dwi Fadlan Hidayat

NPM : 22001031016

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Mengesahkan,
Majelis Penguji



(Prof. Ir. Agus Sugianto, ST., MP)
Ketua



(Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, SP. MP)
Anggota



(Dr. Ir. Anis Sholihah, MP.)
Anggota

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Fadlan Hidayat

NIM : 22001031016

Prodi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian Universitas Islam Malang

Judul : APLIKASI PENGONTROL NUTRISI PADA TANAMAN
PAKCOY (*Brassica rapa L.*) MODEL BUDIDAYA
HIDROPONIK WICK NON IoT TERKENDALI DAN IoT
YANG DI SUPPORT AERATOR DAN KERAN OTOMATIS

Merupakan karya tulis yang saya buat sendiri dan bukan merupakan bagian dari skripsi atau tulisan penulis lain. Apabila ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, kami sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Islam Malang.

Malang, 04 Januari 2025

Yang membuat pernyataan



METERAI TEMPEL
0623AAMX104442611

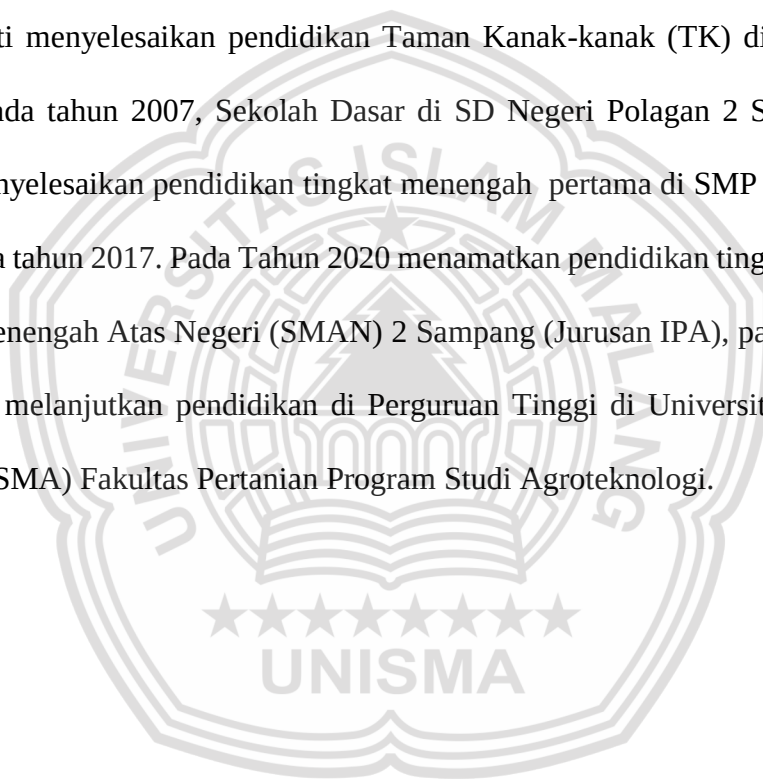
Dwi Fadlan Hidayat
NIM. 22001031016

RIWAYAT HIDUP



Nama Dwi Fadlan Hidayat, biasa dipanggil Fadlan atau Dwi. Lahir pada tanggal 11 Maret 2001 di Kecamatan Sampang Jawa Timur. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Suami Istri Bapak Ahmad Bulkini dan Ibu Siti Mablubah. Peneliti berasal dari Kelurahan Karang Dalam, Kecamatan Sampang, Kabupaten Sampang, Jawa Timur.

Peneliti menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK Al-Masyudiah pada tahun 2007, Sekolah Dasar di SD Negeri Polagan 2 Sampang, kemudian menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 3 Sampang pada tahun 2017. Pada Tahun 2020 menamatkan pendidikan tingkat akhir di Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 2 Sampang (Jurusan IPA), pada tahun 2020 peneliti melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi di Universitas Islam Malang (UNISMA) Fakultas Pertanian Program Studi Agroteknologi.



MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapatkan (pahala) dari (kebijakan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya.”

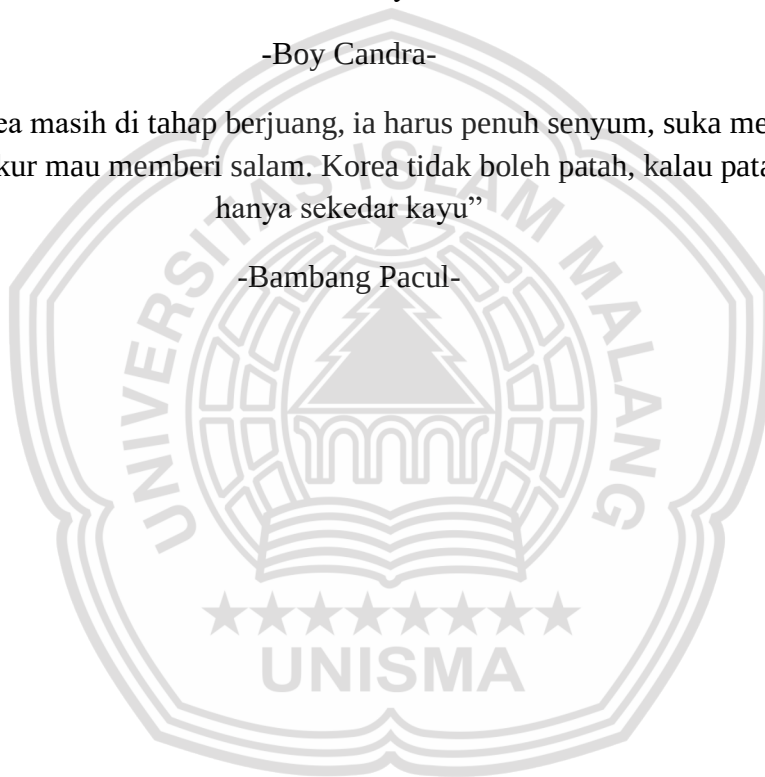
(Q.S Al-Baqarah : 286)

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah - lelah itu. Lebarakan lagi rasa sabar itu. Semua yang kamu investasikan hari ini untuk menjadikan dirimu serupa dengan apa yang kamu impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi gelombang-gelombang itu yang bisa kamu ceritakan setelah melewatinya”

-Boy Candra-

“Ketika korea masih di tahap berjuang, ia harus penuh senyum, suka menyapa, syukur-syukur mau memberi salam. Korea tidak boleh patah, kalau patah kau hanya sekedar kayu”

-Bambang Pacul-



RINGKASAN

APLIKASI PENGONTROL NUTRISI PADA TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa L.*) MODEL BUDIDAYA HIDROPONIK WICK NON IoT TERKENDALI DAN IoT YANG DI SUPPORT AERATOR DAN KERAN OTOMATIS

Dibawah bimbingan : 1. Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, SP., MP

2. Dr. Ir Anis Sholihah, MP.

Salah satu problem mendasar di daerah perkotaan yang sedang berkembang adalah keterbatasan lahan dan harga tanah yang makin meningkat. Akibatnya, pertanian perkotaan menjadi alternatif untuk menyiasati keterbatasan lahan karena rumah-rumah di daerah perkotaan biasanya tidak memiliki halaman rumah atau pekarangan yang luas. Alih fungsi lahan pertanian yang begitu cepat, membuat para petani konvensional dan berbasis lahan harus mencari alternatif. Permasalahan tersebut dikarenakan metode budidaya konvensional yang membutuhkan banyak lahan berubah menjadi metode budidaya lahan terbatas. Salah satu upaya pendekatan dalam budidaya lahan terbatas adalah dengan memaksimalkan pekarangan dengan model *urban farming*. Salah satu model pertanian *urban farming* yang banyak digunakan adalah sistem hidroponik *wick*. Permasalahan utama dalam hidroponik *wick* non IoT terkendali adalah pengontrolan yang harus dilakukan secara manual agar kebutuhan nutrisi terpenuhi hal ini sangat membutuhkan waktu, oleh sebab itu dengan adanya kemajuan teknologi yang berkembang pesat dan peralatan yang bekerja secara otonom, otomatis dengan ketelitian, ketepatan, serta tingkat akurat yang tinggi, menggunakan teknologi IoT terutama untuk pengecekan dan pemberian kandungan nutrisi dan ketersediaan air dapat menjadi alternatif solusi bagi permasalahan tersebut.

Penelitian ini dilaksanakan di Jl. Tlogojoyo No.63 Kel. Tlogomas, Kec. Lowokwaru Kota Malang Jawa Timur dengan ketinggian tempat ± 540 mdpl dan Laboratorium Halal Center Universitas Islam Malang. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 20 Maret sampai 1 Oktober 2024. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak sederhana. Penelitian ini membandingkan 2 metode pengontrolan nutrisi AB-mix pada sistem hidroponik *wick*: P_1 = Hidroponik sistem *wick* non IoT terkendali dan P_2 = Hidroponik sistem *wick* berbasis IoT. Satu perlakuan terdiri dari 5 ulangan setiap ulangan terdiri dari 10 sampel tanaman. Sepuluh tanaman sampel terdiri dari 5 tanaman untuk mengukur tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun setiap tujuh hari sekali. Empat tanaman sampel untuk uji lanjut pertumbuhan relatif diambil satu setiap 7 hari sekali. Satu tanaman untuk mengukur variabel kualitas pada tanaman saat panen. Sehingga diperoleh total tanaman sebanyak 100 tanaman.

hasil penelitian yang dilakukan selama 35 hari dengan pengambilan data setiap 7 hari sekali, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara model hidroponik *wick* non IoT terkendali dan IoT pada tinggi tanaman, luas daun, LPR, bobot segar konsumsi, bobot segar total, bobot kering total, bobot segar akar, bobot kering akar, panjang akar, klorofil, vitamin C dan TPT. Namun terdapat perbedaan signifikan secara statistik di jumlah daun pada hari ke 7, 14 dan 28, tetapi tidak terdapat perbedaan pada hari ke 21 dan 35. Hal ini menunjukkan bahwa model pengendalian nutrisi dan lingkungan hidroponik IoT memiliki stabilitas yang sama dengan model pengendalian yang dilakukan secara manual.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Aplikasi Pengontrol Nutrisi Pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Model Budidaya Hidroponik Wick Non IoT Terkendali dan IoT Yang Di Support Oleh Aerator dan Keran Otomatis”

Skripsi dilakukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana pertanian strata satu (S1). Dengan selesainya penyusunan skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Anis Rosyidah, MP. Selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah memberikan pengarahan dan fasilitas di lingkungan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Malang.
2. Ibu Anita Qu'ania, SP., M.Ling. Selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang.
3. Ibu Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, SP. MP. Selaku Dosen Pembimbing satu yang selalu memberikan arahan serta bimbingan dan mensupport dana dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan skripsi.
4. Ibu, Dr. Ir Anis Sholihah, MP. Selaku Dosen Pembimbing dua yang selalu memberikan arahan serta bimbingan selama penyusunan skripsi.
5. Seluruh Dosen Fakultas Pertanian yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama penulis menuntut ilmu di Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang.
6. Teman-temanku yang telah memberikan bantuan, do'a dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata penulis sudah menyelesaikan skripsi ini dengan baik, semoga bermanfaat bagi siapa yang membacanya dan membutuhkannya sehingga dapat memberikan pengetahuan dan wawasan.

Malang, 04 Januari 2025

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
BAB 1PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Tujuan Penelitian.....	3
1.4.Hipotesis Penelitian.....	3
BAB II_TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Tanaman Pakcoy (<i>Brassica rapa L.</i>).....	4
2.2. Budidaya Hidroponik pada tanaman pakcoy.....	5
2.3. Pupuk AB Mix	6
2.4. Aplikasi IoT Pada Model Pertanian Urban Farming	7
2.5.Mikrokontroler Berbasis IoT (<i>Internet Of Things</i>).....	8
2.6.Hidroponik <i>Smart Watering Zero Energy</i>	11
BAB III_METODOLOGI	13
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	13
3.2. Alat dan Bahan.....	13
3.3. Rancangan Percobaan.....	14
3.4. Variabel Pengamatan.....	19
3.5. Variabel Hasil.....	20
3.6. Variabel Kualitas.....	21
3.7. Analisis Data.....	23
BAB IV_HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1. Hasil Rancangan Bangun.....	24
4.2. Cara Kerja Komponen Elektronik IoT.....	25
4.3. Perancangan Perangkat Lunak (<i>software</i>).....	27
4.4. Kondisi Lingkungan Di Tempat Penelitian.....	28
4.5. Variabel Pengamatan Tanaman.....	30
4.6. Variabel Hasil.....	33

4.7. Variabel Kualitas.....	36
4.8. Pembahasan.....	36
BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1. Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	Penempatan Sampel Setelah Dilakukan Pengacakan.....	14
2.	Sketsa Perancangan Alat Hidroponik IoT dan Non IoT Terkendali.....	15
3.	Skema perancangan komponen Elektronik IoT.....	15
4.	Blok Diagram Alur Pemrograman.....	16
5.	Tampilan Aplikasi Blynk IoT.....	16
6.	Batu Aerasi.....	17
7.	Hasil Rancangan.....	24
8.	Tampilan pada aplikasi <i>Blynk IoT</i>	25
9.	Tampilan Kontrol Secara Manual.....	26
10.	Tampilan Diagram pada aplikasi <i>Blynk IoT</i>	26
11.	Proses Kalibrasi.....	28
12.	Total Dissolve Solid larutan hidroponik pada tandon utama.....	28
13.	Kestabilan suhu tandon utama hidroponik <i>wick</i> Sistem Iot dan non IoT.....	29
14.	Rerata Water Level.....	30
15.	Rerata Tinggi Tanaman.....	30
16.	Rerata Jumlah Daun.....	31
17.	Rerata Luas Daun.....	32
18.	Rerata Laju Pertumbuhan Relatif.....	32
19.	Rerata Panjang Akar.....	33
20.	Rerata Bobot Segar Akar.....	33
21.	Rerata Bobot Kering Total.....	34
22.	Rerata Bobot Konsumsi.....	35
23.	Efisiensi Waktu.....	35
24.	Rerata Variabel Kualitas... ..	36

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Uji-t Kosentrasi Nutrisi, Stabilitas Suhu, dan Water Level Di IoT.....	47
2.	Uji-t Pada Variabel Pertumbuhan Tanaman Pakcoy.....	48
3.	Uji-t Pada Variabel Hasil.....	50
4.	Uji-t Variabel Kualitas Tanaman Pakcoy dan Efisiensi Waktu	52
5.	Tabel Matrikulasi	53
6.	Kode Sampel.....	55
7.	Dokumentasi Kegiatan.....	57



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permasalahan mendasar pada daerah perkotaan yang sedang berkembang adalah keterbatasan lahan pertanian. Akibatnya, pertanian perkotaan menjadi alternatif untuk menyiasati keterbatasan lahan, rumah-rumah di daerah perkotaan biasanya tidak memiliki halaman rumah atau pekarangan yang luas. Alih fungsi lahan pertanian yang begitu cepat, membuat para petani konvensional dan berbasis lahan harus mencari alternatif. Permasalahan tersebut dikarenakan metode budidaya konvensional yang membutuhkan banyak lahan berubah menjadi metode budidaya lahan terbatas. Salah satu upaya pendekatan dalam budidaya lahan terbatas adalah dengan memaksimalkan pekarangan dengan model *urban farming*.

Saat ini pemerintah mendorong *urban farming* sebagai bagian dari membangun ketahanan pangan, sebuah inisiatif hortikultura yang memanfaatkan luas lahan yang terbatas (Dewi & Santoso, 2016). Perkembangan program ini ternyata terbukti memberi beragam dampak positif bagi masyarakat, salah satunya mengurangi pengeluaran untuk konsumsi pangan rumah tangga. Hasil pertanian sistem *urban farming* dengan model hidroponik ternyata memiliki daya jual yang cukup tinggi sehingga dapat membantu mengurangi dampak inflasi pangan pada masyarakat dan konsumsi rumah tangga.

Salah satu model pertanian *urban farming* yang banyak digunakan adalah sistem hidroponik *wick*. Sistem ini banyak disukai masyarakat karena hanya menggunakan sumbu untuk mengangkut nutrisi dari bak nutrisi ke media tanam.

Sistem *wick* menjadi salah satu sistem hidroponik yang digemari oleh masyarakat karena penggunaannya sangat efisien. Allisa (2022) mengatakan bahwa sistem hidroponik *wick* sangat populer bagi para pemula karena mudah dipelajari dan memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi. Cara kerja sistem hidroponik *wick* sangat mudah yaitu menghubungkan air dan sumbu sebagai penyalur larutan nutrisi pada tanaman.

Permasalahan utama dalam hidroponik *wick* non IoT terkendali adalah pengontrolan yang harus dilakukan secara manual agar kebutuhan nutrisi terpenuhi. Pemberian nutrisi dilakukan secara manual sangat beresiko pada tanaman apabila kontrol dilakukan secara tidak tepat dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Aisyah et al., 2024). Perkembangan teknologi yang semakin maju dengan peralatan yang semakin canggih dan bisa berjalan secara otomatis, memiliki tingkat akurat dan ketelitian yang sangat tinggi. Salah satu perkembangan teknologi yaitu penggunaan alat sistem IoT pada hidroponik *wick* terutama untuk pengecekan dan pemberian kandungan nutrisi dan ketersediaan air dapat menjadi alternatif solusi bagi permasalahan tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem otomatis hidroponik *wick* yang menggunakan Arduino dan beberapa sensor seperti TDS, suhu dan ketinggian air berbasis IoT. Penambahan keran otomatis (Valve) digunakan sebagai sistem pendukung yang menggunakan aliran listrik. Sistem hidroponik *wick* dengan menggunakan alat berbasis mikrokontroler IoT yang dapat terintegrasi oleh Arduino dan data yang diperoleh oleh sensor secara realtime dikirimkan ke ESP32. ESP32 menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data - data ke aplikasi *Blynk IoT*. Pemanfaatan Arduino

dapat mengontrol sistem pemberian nutrisi sesuai dengan program, sehingga kebutuhan nutrisi sesuai dengan apa yang diinginkan agar mendapatkan hasil yang maksimal dan dapat dipantau sekaligus dikontrol dari *smartphone* menggunakan aplikasi *Blynk IoT*.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbedaan sistem hidroponik *wick* menggunakan sistem mikrokontroler berbasis IoT dengan hidroponik *wick* non IoT terkendali?
2. Bagaimana respon pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy pada penggunaan mikrokontroler berbasis IoT dengan hidroponik *wick* non IoT terkendali pada budidaya tanaman pakcoy?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perbedaan sistem hidroponik *wick* berbasis mikrokontroler IoT dan non IoT terkendali
2. Untuk mengetahui respon pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy pada sistem mikrokontroler IoT dan hidroponik non IoT terkendali

1.4. Hipotesis Penelitian

H0 = Diduga tidak terdapat perbedaan signifikan antara sistem mikrokontroler IoT dengan sistem hidroponik non IoT terkendali terhadap pemberian nutrisi AB-Mix, Suhu, laju pertumbuhan, hasil, efisiensi waktu dan kualitas pada tanaman pakcoy.

H1= Diduga sistem hidroponik terdapat perbedaan signifikan antara sistem mikrokontroler IoT dengan sistem hidroponik non IoT terkendali terhadap penambahan nutrisi AB-Mix, Suhu, laju pertumbuhan, hasil dan kualitas pada tanaman pakcoy.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*)

Pakcoy (*Brassica rapa L.*) adalah tanaman yang termasuk dalam keluarga Brassica dan satu genus dengan sawi putih atau petsai serta sawi hijau atau caisim. Tanaman pakcoy merupakan jenis sayuran yang berasal dari keluarga kubis-kubisan. Sayuran ini biasanya tumbuh dengan cepat dan memiliki batang yang pendek dengan daun berwarna hijau keunguan yang lebar. Seiring perkembangan zaman, kini kita bisa menemukan varietas pakcoy yang berwarna merah cerah dengan daun yang lebih kecil dan ramping.

Klasifikasi tanaman sawi pakcoy sebagai berikut:

Keluarga Plantae

Divisi Spermatophyta

Kelas dicotyledonae

Ordo Rhoeadales

Famili Brassicaceae

Genus Brassica

Spesies *Brassica rapa L.* (Enrawan, 2019).

Tanaman pakcoy memiliki sistem perakaran tunggang yang terdiri dari cabang akar berbentuk bulat panjang yang menyebar ke semua arah.

Daun pakcoy memiliki batang yang sangat pendek dan beruas-ruas sehingga hampir tidak kelihatan. Fungsi dari batang pakcoy itu sebagai penopang daun. Daun pakcoy melekat pada batang dan berbentuk oval, berwarna hijau tua mengkilat, tumbuh tegak atau setengah mendatar. Tanaman pakcoy memiliki tangkai daun

yang gemuk, berdaging dan berwarna putih atau hijau muda dan tanaman pakcoy bisa tumbuh sampai 15 hingga 30 cm.

Tanaman pakcoy memiliki banyak cabang dan tangkai bunga yang panjang. Semua kuntum bunga memiliki empat helai daun kelopak, empat helai benang sari dan satu buah putik yang berongga dua. Penyerbukan bunga tanaman pakcoy dibantu oleh serangga ataupun oleh manusia (Ernanda, 2017).

2.2. Budidaya Hidroponik Pada Tanaman Pakcoy

Pertanian *urban farming* adalah istilah yang menggambarkan peralihan dari pertanian konvensional ke pertanian perkotaan dengan perbedaan pada media tanam serta pelakunya. Pertanian konvensional lebih berfokus pada hasil produksi, sedangkan pertanian perkotaan lebih pada karakter pelakunya, yaitu masyarakat *urban*. *Urban farming* telah menjadi gaya hidup akan kesadaran masyarakat kota untuk menjalani gaya hidup sehat.

Pertanian hidroponik yaitu tidak menggunakan media tanam tanah tetapi menggunakan bahan seperti rockwool dan kerikil sebagai pengganti tanah dan sumber nutrisi melalui air (Wibowo, 2021). Sayuran hidroponik memiliki peluang pasar yang sangat menjanjikan, terutama untuk segmen pasar konsumen yang mengutamakan kualitas, kandungan gizi, dan higienis. Metode hidroponik juga dapat menghasilkan kualitas produksi sayuran yang lebih baik, yang dapat meningkatkan omset penjualan. (Karman, 2022).

Stabilitas dan dosis nutrisi yang diberikan kepada tanaman sangat berpengaruh dan penting untuk laju pertumbuhan tanaman dan tingkat keberhasilan budidaya hidroponik. Karbon, hidrogen, dan oksigen sangat penting untuk struktur tanaman hidroponik dan dapat menyediakan unsur-unsur ini melalui air dan udara,

unsur-unsur tersebut dapat memastikan laju pertumbuhan dan perkembangan optimal tanpa ketergantungan tanah tradisional (kailashkumar,B. et al., 2023). Cindy, (2019) juga mengatakan budidaya konvensional berbeda dengan hidroponik, klo konvensional memperoleh nutrisi dari dalam tanah sedangkan tanaman hidroponik memperoleh unsur hara dari larutan nutrisi. Pengendalian nutrisi sangat penting dalam budidaya hidroponik, karena larutan nutrisi yang tersedia dalam jumlah yang tepat dapat mendorong laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Bentuk menjaga nutrisi secara konvensional umumnya dilakukan dengan pengecekan manual, pada hidroponik sistem wick juga dilakukan dengan mengecek di bak tanam agar larutan pupuk sesuai yang diinginkan, pada era digital ini penggunaan IoT dalam menjaga stabilitas konsentrasi nutrisi menjadi kebutuhan.

2.3. Pupuk AB-Mix

Pupuk AB-mix merupakan nutrisi yang digunakan untuk bertanam secara hidroponik dan non hidroponik meskipun para petani lebih dominan untuk penggunaan di hidroponik. Pupuk AB-mix merupakan larutan yang terdiri dari pupuk A yang mengandung unsur hara makro yaitu N, P, K, Ca, Mg, S dan pupuk B mengandung unsur hara mikro seperti Fe, Cu, Bo, Zn, Cl, Si, Na dan Co.

Pupuk AB-mix diproduksi dalam dua kemasan yang berbeda yaitu Mix A dan Mix B, Mix A mengandung unsur Kalsium dan mix B mengandung sulfat dan fosfat. Ketiganya tidak boleh dicampur dalam keadaan pekat agar tidak menimbulkan endapan, apabila kation Ca dalam pupuk Mix A bertemu dengan anion sulfat (SO_4^{2-}) dalam pupuk Mix B akan terjadi endapan Kalsium Sulfat (CaSO_4), sehingga unsur S dan Ca tidak dapat diserap oleh akar dan apabila kation

kalsium dalam pekatan Mix A bertemu dengan anion fosfat (PO_4^{3-}) dalam Mix B, maka akan terjadi endapan Kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Apabila terjadi suatu endapan maka unsur kalsium dan fosfor tidak dapat diserap oleh akar. Guna memenuhi kebutuhan hara atau nutrisi tersebut, tanaman hidroponik memerlukan larutan nutrisi atau pupuk dalam bentuk Cair (Sastro dan Nofi, 2016).

Pemberian nutrisi AB-mix pada tanaman hidroponik bermaksud untuk menambahkan unsur hara pada tanaman, menjaga kestabilan suhu dan menghidrasi tanaman dikarenakan tanaman hidroponik membutuhkan banyak cairan dan mengoptimalkan penyerapan nutrisi pada masa pertumbuhan (Hilda, 2022)

Menurut (Bayu WN, 2016) pada pemberian nutrisi instalasi hidroponik pada tanaman berumur 10 hari setelah tanam yaitu 300 ppm, kemudian meningkat pada umur 14 hari setelah tanam menjadi 800 ppm, pada umur 21 hari setelah tanam 1000 ppm, pada umur 28 hari setelah tanam 1200-1400 ppm sampai masa panen.

2.4. Aplikasi IoT Pada Model Pertanian *Urban Farming*

Kemajuan teknologi berkembang pesat dengan peralatan yang memudahkan pekerjaan dan aktivitas manusia, berkat kemajuan teknologi yang bekerja dengan cepat, otomatis, ketelitian, ketepatan dan akurasi yang tinggi. (Shafiq Nurdin et al., 2022). Sehingga pada akhirnya istilah *Internet of Things* (IoT) muncul sebagai hasil perkembangan teknologi komunikasi. Teknologi IoT memiliki kemampuan untuk memungkinkan semua objek yang memiliki ruang dan waktu terbatas untuk berkomunikasi satu sama lain melalui internet.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pengendalian dan pemantauan otomatis untuk pertanian hidroponik berbasis IoT (Nguyen et al., 2022) pada penelitiannya mengatakan sistem IoT hidroponik merupakan pengembangan

sistem IoT hidroponik yang dapat memantau nutrisi, suhu dan kelembaban tanaman dari jarak jauh dengan menampilkan informasi kondisi tanaman ke *HanPhone*. Penelitian lainnya yang telah dilakukan tentang *smart urban farming* hidroponik.

2.5. Mikrokontroler Berbasis IoT (*Internet Of Things*)

Mikrokontroler adalah sebuah perangkat kecil yang dibuat untuk melakukan tugas atau operasi tertentu yang dikemas dalam bentuk chip berupa IC (*Integrated Circuit*) (Satrio, 2022). Sedangkan menurut Cmcbinus, (2019) IC mikrokontroler terdiri dari perangkat input dan output yang dapat diprogram, inti prosesor (CPU), memori (RAM dan ROM). Mikrokontroler digunakan dalam produk dan perangkat yang dikendalikan otomatis seperti pengendalian jarak jauh pada sistem control mesin dan perangkat sistem yang tertanam lainnya.

Transistor merupakan suatu perangkat semikonduktor yang digunakan untuk mengontrol aliran arus listrik dan mengamplifikasi sinyal listrik. prinsip kerja Transistor adalah bekerja dengan mengontrol aliran arus listrik melalui penggunaan bahan semikonduktor yang dapat menghantarkan arus listrik. Terdapat tiga terminal utama pada transistor: base, kolektor, dan emitter.

Dioda rectifier adalah suatu komponen elektronika yang digunakan untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Ketika arus bolak balik melewati diode, arus hanya dapat mengalir dari anoda ke katoda. Arus tersebut disebut bias maju (*forward bias*), saat arus bolak-balik berbalik dioda menghambat arus yaitu dalam bias balik (*reverse bias*).

Relay adalah sebuah komponen elektronika yang berbentuk saklar yang dioperasikan dengan listrik. Relay terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnet (coil) dan seperangkat kontak saklar. fungsi relay adalah menghubungkan dan

memutus aliran listrik, melindungi komponen dan melindungi komponen dari tegangan listrik arus tinggi (Misel, 2022).

Resistor adalah bagian elektronika pasif yang berfungsi untuk menghambat atau menahan aliran arus listrik dalam suatu sirkuit. Sifat resistansi ini disebut sebagai resistance. Resistansi diukur dalam satuan ohm (Ω) dan digunakan untuk mengatur aliran arus listrik dalam berbagai aplikasi elektronika.

Modul PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa dari sinyal digital dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. PWM digunakan untuk menghasilkan sinyal analog dari perangkat digital mengatur kecepatan motor DC, mengubah intensitas cahaya LED dan menghasilkan sinyal sinusoidal dengan mengubah lebar pulsa sinyal digital. PWM juga dapat mengatur daya atau tegangan yang masuk ke beban beban seperti pengendalian motor DC.

Modul *Total Dissolved Solid* (TDS) Meter adalah alat elektronika yang digunakan untuk mengukur kualitas air, terutama untuk mengukur partikel terlarut dalam air yang terdiri dari zat organik dan anorganik dalam bentuk molekul, ion, atau mikro-granular tersuspensi. Modul TDS Meter mengukur muatan listrik (EC) di dalam air dengan menggunakan dua elektroda yang dimasukkan ke dalam air. Hasil pengukuran ini kemudian diinterpretasikan oleh modul dan diubah menjadi angka dalam satuan *parts per million* (ppm) (Farhan, 2022).

ESP8266 adalah modul Wi-Fi untuk mikrokontroler seperti Arduino, memungkinkan konektivitas Wi-Fi langsung dan koneksi TCP/IP. Ini beroperasi pada 3.3V, mendukung beberapa mode Wi-Fi, dan dapat berfungsi secara independen dengan kemampuan CPU, memori, dan GPIO. ESP32 adalah sebuah

mikrokontroler yang dirancang oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan fitur WiFi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE), yang membuatnya sangat cocok untuk aplikasi IoT (*Internet of Things*) (Abdullah et al., 2024).

Header adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai konektor untuk menyambungkan satu tempat ke tempat lain dalam rangkaian elektronika. Sedangkan pin header adalah sebuah jenis koneksi listrik yang terdiri dari satu atau lebih baris pin logam yang dilekatkan pada dasar plastik. Pin header sering digunakan untuk menghubungkan komponen elektronika ke papan sirkuit (PCB) melalui proses soldering.

Socket molete adalah sebuah konektor listrik yang digunakan untuk menghubungkan komponen elektronika ke papan sirkuit (PCB). Sedangkan Pin header adalah sebuah jenis konektor listrik yang digunakan untuk menghubungkan komponen elektronika ke papan sirkuit (PCB).

Terminal blok adalah sebuah komponen listrik yang digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih kabel bersama-sama dalam sistem listrik dan elektronik. Blok terminal terdiri dari strip logam atau plastik dengan terminal sekrup yang dirancang untuk menahan kabel telanjang dengan kuat di tempatnya. Fungsi utama dari blok terminal adalah untuk menyederhanakan proses penyambungan kabel pada rangkaian listrik dan elektronik.

Konsep dasar dari IoT atau *Internet of Things* adalah menghubungkan berbagai jenis perangkat, sensor, atau objek lainnya ke internet sehingga mereka dapat berinteraksi dan berbagi data tanpa campur tangan manusia (Amara, 2023). Perkembangan dan pertumbuhan digitalisasi di berbagai industri global yang semakin cepat menjadi tantangan bagi pelaku bisnis dengan sistem yang digunakan

dapat mudah diakses dimana saja dan kapan saja. Sehingga hal itu mendorong tumbuhnya teknologi IoT di dalam dunia pertanian.

Selain itu, Internet of Things (IoT) memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi pertanian karena dapat memungkinkan otomatisasi dan pengawasan berbagai proses dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pertanian konvensional. Dengan berbagai potensinya, IoT dapat membantu petani membuat keputusan yang lebih baik tentang pengelolaan lahan yang mereka miliki. Penerapan IoT di sektor pertanian telah membawa berbagai manfaat, seperti pemantauan suhu dan kelembapan tanah melalui sensor yang dapat diakses petani melalui *smartphone* atau gadget terhubung (Junaidi & Ramadhani, 2024). Cahyani (2023) juga mengatakan pertanian Cerdas harus memberi petani nilai tambah dalam bentuk pengambilan keputusan yang lebih baik, operasi dan manajemen eksploitasi yang lebih efisien, dan solusi untuk masalah lingkungan seperti optimalisasi perawatan dan penggunaan air.

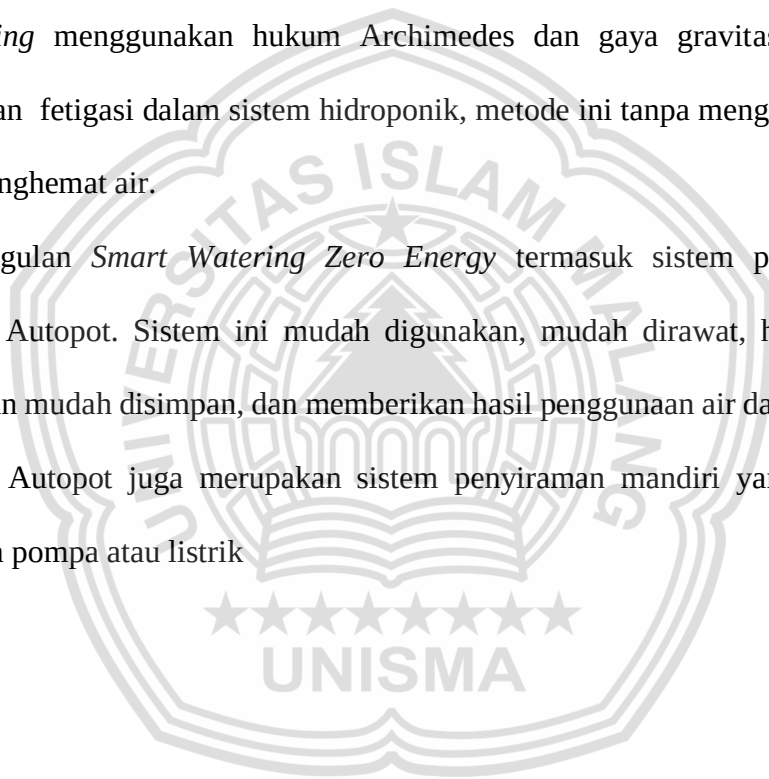
2.6. Hidroponik *Smart Watering Zero Energy*

Hidroponik adalah teknik budidaya tanam yang tidak menggunakan media tanah namun menggunakan media air sebagai larutan nutrisi dengan menggunakan media buatan (Dyah Ayu Savitri, Rufiani Nadzirah, 2020). Hidroponik memiliki dua jenis sistem fertigasi yaitu bersirkulasi dan tidak bersirkulasi. Menurut Hali et al., (2021) Sistem hidroponik bersirkulasi mengirimkan larutan nutrisi melalui pompa dengan tujuan agar akar tanaman terus menerima hara dan air. Sistem seperti wick DFT, NFT, Dutch Bucket, dan sebagainya.

Sistem ini memanfaatkan aliran kapiler untuk membantu menyalurkan nutrisi pada tanaman. Dengan demikian, larutan nutrisi tidak dapat digunakan kembali.

Sejauh ini, sistem hidroponik non-sirkulasi telah terbukti efektif, murah, dan efisien dalam penggunaan air atau lahan. Mereka juga cocok untuk meminimalkan pencemaran air tanah. Sirkulasi oksigen yang buruk pada akar tanaman akan disebabkan oleh larutan yang terbatas di area akar (Fauzi et al., 2013). Akibatnya, kadar oksigen terlarut dalam air sangat penting karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tanaman yang kekurangan oksigen terlarut dalam air akan layu, bahkan ketika akarnya berada di air. Menurut Arip & Thoriq, (2022) Metode *Smart Watering* menggunakan hukum Archimedes dan gaya gravitasi untuk mengatur aliran fetigasi dalam sistem hidroponik, metode ini tanpa menggunakan listrik dan menghemat air.

Keunggulan *Smart Watering Zero Energy* termasuk sistem pengairan otomatis dan Autopot. Sistem ini mudah digunakan, mudah dirawat, harganya terjangkau, dan mudah disimpan, dan memberikan hasil penggunaan air dan nutrisi yang efisien. Autopot juga merupakan sistem penyiraman mandiri yang tidak membutuhkan pompa atau listrik



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Jl. Tlojoyo No.63 Kel. Tlogomas, Kec. Lowokwaru Kota Malang Jawa Timur dengan ketinggian tempat ± 540 mdpl dan Laboratorium Halal Center Universitas Islam Malang. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 20 Maret sampai 1 Oktober 2024

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah penggaris, timbangan digital, sprayer, gelas ukur, gelas beaker, corong gelas, pipet tetes, erlenmeyer, mortar pestle, buret, tabung reaksi, bunsen, penyangga kaki tiga, termometer, alat tulis, *soil plant analysis development* (SPAD), plastik, korek, kertas whatman No.1, kertas label, amplop, tisu, alat tulis, handphone, oven, *total dissolved solid* (TDS) meter, sensor water level, sensor suhu Ds18B20, sensor TDS, alkohol, bak tandon air, bak nutrisi, IoT modul, ESP32, ESP8266 DevKit V1, solenoid valve $\frac{1}{2}$ inch, outsel PLC, konektor drat $\frac{1}{2}$ ke $\frac{4}{7}$, sook drat dalam $\frac{1}{2}$ ke $\frac{1}{2}$, kabel jumper, panel box, router wifi, internet, aerator, selang PE, batu aerator, relay 4 dan 2 channel, konektor, kabel power, dinamo, alat pengaduk, amperemeter, seal tape, clamp pipa, baut, sekrup, palu, obeng, kabel ties, expansion arduino, solder, timah solder, aplikasi Blynk IoT, stop kontak, net pot, paralon, gergaji besi.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aquades, air kran, spiritus, amilum bubuk 1%, larutan iodium 0,1 N, rockwool, benih sawi pakcoy dan pupuk AB-Mix,

3.3. Rancangan Percobaan

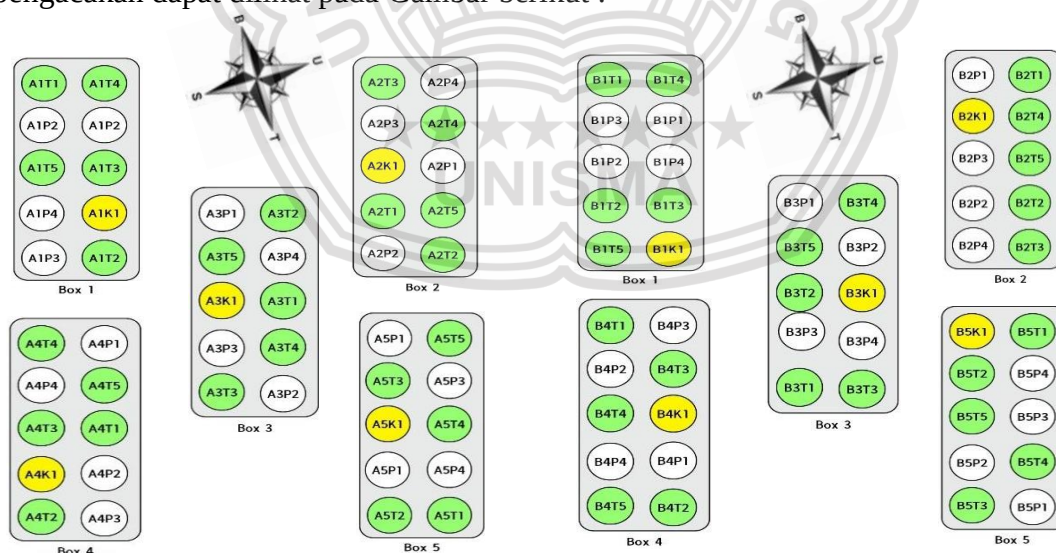
Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak sederhana. Penelitian ini membandingkan 2 metode pengontrolan nutrisi AB-mix pada sistem hidroponik wick:

P_1 = Hidroponik sistem wick non IoT (*Internet of Things*) terkendali

P_2 = Hidroponik sistem wick berbasis IoT (*Internet of Things*)

Satu perlakuan terdiri dari 5 ulangan setiap ulangan terdiri dari 10 sampel tanaman. Sepuluh tanaman sampel terdiri dari 5 tanaman untuk mengukur tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun setiap tujuh hari sekali. Empat tanaman sampel untuk uji lajut pertumbuhan relatif diambil satu setiap 7 hari sekali. Satu tanaman untuk mengukur variabel kualitas pada tanaman saat panen. Sehingga diperoleh total tanaman sebanyak 100 tanaman.

Denah penempatan sampel sampel pada setiap box setelah dilakukan pengacakan dapat dilihat pada Gambar berikut :



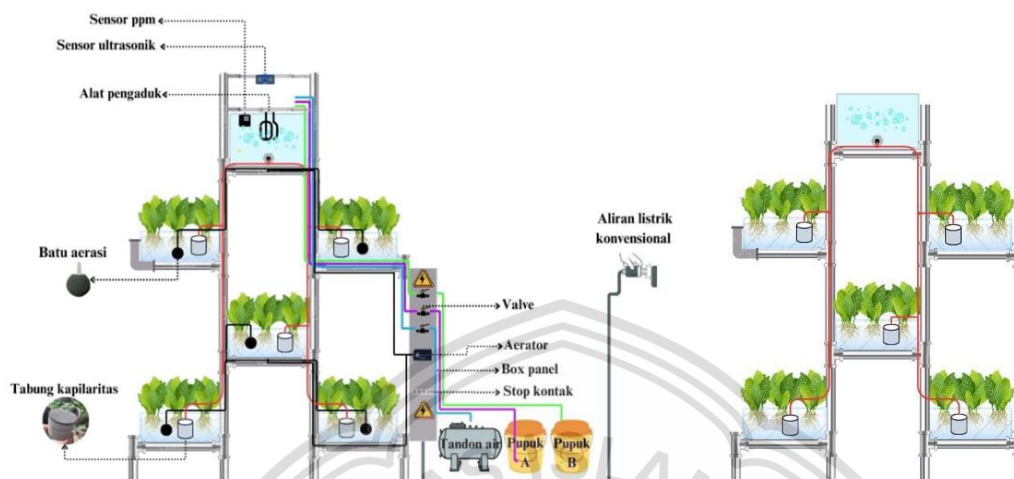
Hidroponik sistem wick
Non IoT Terkendali

Hidroponik sistem wick
berbasis IoT

Gambar 1. Penempatan Sampel Setelah Dilakukan Pengacakan

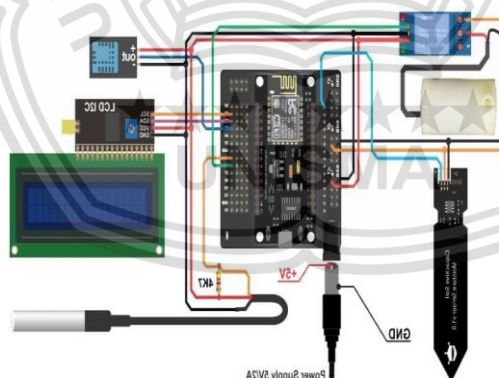
Keterangan warna Gambar : Hijau Sampel Variabel Pengamatan, Putih Sampel Laju Pertumbuhan Relatif, Kuning Sampel uji Kualitas

3.3.1. Skema Penyetingan dan Perancangan Alat Hidroponik Wick Sistem

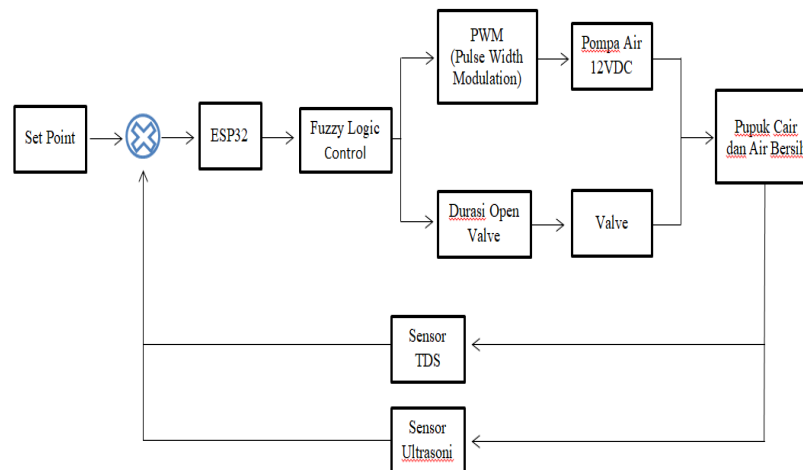


Gambar 2. Sketsa Perancangan Alat Hidroponik IoT dan Non IoT Terkendali.

Perancangan alat dilakukan bertujuan untuk mengatur, mendesain dan memproyeksikan rancangan dalam bentuk Gambar sebelum dilakukan pembuatan dan penyetingan tempat dan alat.

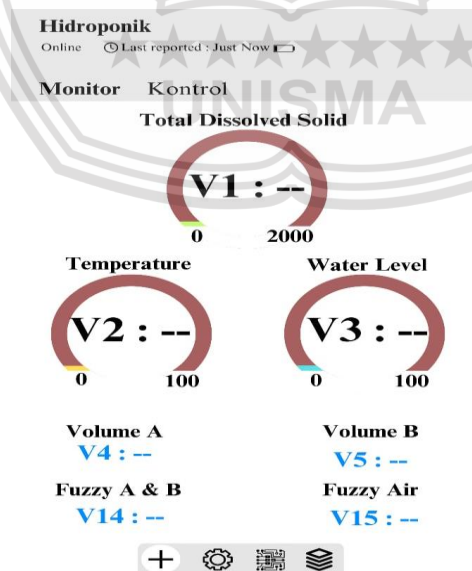


Gambar 3. Skema perancangan komponen Elektronik IoT
Sumber. Rainstek Jurnal Penerapan Sains & Teknologi



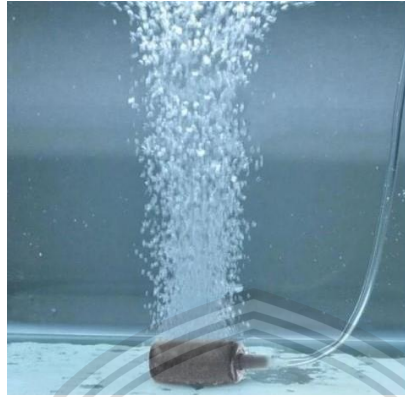
Gambar 4. Blok Diagram Alur Pemrograman
Sumber: Gambar Pribadi, 2024

Sebelum penyetingan alat dilakukan terlebih dahulu pemrograman sistem sebagai pendukung perangkat-perangkat sensor dan alat yang akan digunakan pada sistem IoT dan dibantu dengan Aplikasi *Blynk IoT* sebagai kendali dalam pengoprasian sistem. Tabung kapilaritas adalah sebuah alat yang memiliki luas penampang yang sangat sempit sedangkan arti dari kapilaritas sendiri adalah gejala naik atau turunnya permukaan fluida dalam ruang yang sempit (kapiler).



Gambar 5. Tampilan Aplikasi *Blynk IoT*
Sumber: Gambar Pribadi, 2024

Penyetingan alat dilakukan sebelum semai yang dimana alat diuji coba terlebih dahulu sebelum memulai penelitian untuk memastikan alat tersebut sesuai dan tidak mengalami eror pada saat berjalannya penelitian.



Gambar 6. Batu Aerasi
Sumber: SIPSHOPPING Shopee

Batu aerasi adalah sebuah alat yang digunakan untuk meningkatkan aerasi (penyediaan oksigen) pada media tanam dalam sistem hidroponik. Batu aerasi berfungsi dengan cara mengeluarkan udara di dalam air.

3.3.2. Penyemaian Benih

Benih pakcoy disemai dengan menggunakan media rockwool yang telah diberi garis dengan diameter 2,5 x 2,5 cm, buat lubang di tengah sedalam sekitar 1 cm. Kemudian masukan benih pakcoy dan tutup kembali menggunakan media tanam dan disiram kemudian ditutup menggunakan plastik hitam dan ditaruh ditempat teduh selama 2-3 hari. Setelah 2-3 hari buka penutup agar terkena cahaya matahari secara tidak langsung.

3.3.3. Pindah Tanam

Pemindahan bibit tanaman dari tempat semai ke hidroponik wick sistem yaitu setelah tanaman berumur 10-13 hari setelah tanam atau tanaman sudah

memiliki daun berjumlah 3-4 helai daun baru tanaman dinyatakan siap pindah tanam.

3.3.4. Pembuatan Larutan Nutrisi

Larutan nutrisi pada bak diisi dengan komposisi perlakuan AB-Mix dilarutkan dalam air dengan komposisi setiap 1 ml nutrisi pekat A dicampur dengan 1 liter air dan setiap 1 ml nutrisi pekat B dicampur dengan 1 liter air. Penerapan penambahan nutrisi A dan B ke box penampungan dengan perbandingan 10 ml : 10 ml : 500 ml air.

3.3.5. Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi pengecekan nutrisi, penyulaman, pengendalian hama dan penyakit dan pengontrolan alat. Pengecekan nutrisi pada sistem non IoT dilakukan setiap hari agar jumlah padatan terlarut yang ada di dalam air berada pada kisaran 500-600 ppm pertumbuhan awal, minggu ke 2 berada pada kisaran 650-750, minggu ke 3 berada pada kisaran 760-850 dan minggu ke 4 sampai panen 900-1200, sistem IoT mengikuti program yang telah tersistem yang terkirim dari sensor TDS meter yang telah terpasang di bak utama kemudian mengirim perintah ke sistem agar terisi otomatis yang dikendalikan oleh program.

Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara membasmi hama yang menyerang tanaman. Pengontrolan alat dilakukan secara berkala agar dapat mengetahui kondisi alat apakah sudah bekerja sesuai dengan program untuk meminimalisir human eror pada alat pada saat berjalannya penelitian. Apabila tanaman layu atau tidak sehat, penyulaman dilakukan untuk menggantikan tanaman lain.

3.3.6. Pemanenan

Panen dilakukan ketika tanaman sudah berumur 35 hari setelah pindah tanam. Panen dilakukan dengan cara mencabut tanaman dari netpot dan dipisahkan dari rockwool secara perlahan agar bagian tanaman tidak ada yang terputus kemudian memisahkan sesuai perlakuan.

3.4. Variabel Pengamatan

3.4.1. Tinggi Tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada saat umur 0, 7, 14, 21, 28, 35 hari setelah pindah tanam. Pengukuran dengan menggunakan penggaris dimulai dari pangkal tanaman sampai dengan ke helai daun yang tertinggi.

3.4.2. Jumlah Daun (helai)

Pengamatan jumlah daun dihitung secara keseluruhan pada tanaman sampel pada saat umur 0, 7, 14, 21, 28, 35 hari setelah tanam. Daun yang dihitung adalah daun yang telah terbentuk atau membuka sempurna pada saat pengamatan.

3.4.3. Luas Daun (cm²)

Pengukuran Luas Daun dilakukan pada saat umur 0, 7, 14, 28, 35 hari setelah pindah tanam, pengukuran menggunakan penggaris dengan mengukur panjang daun dan lebar daun untuk mengetahui luas daun yaitu dengan cara menggunakan rumus = $(P \times L) \times \sum \text{daun} \times \text{FK}$.

3.4.4. Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)

Laju pertumbuhan relatif adalah laju pengukuran bobot kering tanaman per satuan waktu dan sampel tanaman yang digunakan setiap pengamatan adalah empat sampel tanaman. Pengukuran ini dilakukan sebagai indikator pertumbuhan untuk mengukur pengaruh perlakuan yang ditetapkan.

$$\text{Rumus LPR} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

Keterangan :

W_1 = Berat kering tanaman pada awal pengamatan

W_2 = Berat kering tanaman pada akhir pengamatan

t_1 = Waktu pengamatan awal

t_2 = Waktu pengamatan akhir

3.5. Variabel Hasil

3.5.1. Panjang Akar (cm)

Panjang akar tanaman diperoleh dengan mengukur panjang akar setelah panen. Pengukuran dilakukan sebagai indikator hasil untuk mengukur pengaruh perlakuan yang telah ditetapkan.

3.5.2. Bobot Segar Akar (gram)

Menimbang bobot segar akar pada tanaman sampel setelah panen. Satuan yang digunakan adalah gram. Pengukuran ini dilakukan sebagai indikator hasil untuk mengukur pengaruh perlakuan yang ditetapkan.

3.5.3. Bobot Kering Akar (gram)

Menimbang akar tanaman sampel yang telah di oven selama 48 jam pada suhu 80°C untuk menghasilkan nilai yang konstan. Hasil yang diperoleh dikonversi dengan bobot segar akar pada tanaman sampel. Satuan yang digunakan adalah gram. Pengukuran ini dilakukan sebagai indikator hasil untuk mengukur pengaruh perlakuan yang ditetapkan.

3.5.4. Bobot Segar Tanaman (gram)

Berat segar tanaman diperoleh dengan menimbang tanaman sesuai kelompok dengan menggunakan timbangan digital dan dilakukan setelah panen. Pengukuran ini dilakukan sebagai indikator hasil untuk mengukur pengaruh perlakuan yang ditetapkan

3.5.5. Bobot Kering Tanaman (gram)

Menimbang tanaman yang telah di oven selama 48 jam pada suhu 80°C. Hasil yang diperoleh dikonversi dengan bobot segar pada tanaman sampel. Pengukuran ini dilakukan sebagai indikator hasil untuk mengukur pengaruh perlakuan yang ditetapkan.

3.5.6. Bobot Konsumsi (gram)

Berta konsumsi diperoleh setelah panen dengan cara memotong bagian pangkal batang kemudian timbang dengan timbangan digital. Pengukuran ini dilakukan sebagai indikator hasil untuk mengukur pengaruh perlakuan yang ditetapkan.

3.5.7. Efisiensi Produksi

Efisiensi Produksi diperoleh setelah melakukan pemanenan dengan tujuan untuk mengetahui hasil produktivitas tanaman untuk keberlanjutan produksi. Efisiensi produksi menggunakan rumus:

$$Ef. Produksi = \frac{Bobot konsumsi IoT}{Bobot konsumsi non IoT} \times 100$$

3.5.8. Efisiensi Waktu (menit)

Efisiensi waktu diperoleh selama penelitian dengan tujuan mengetahui seberapa banyak waktu yang digunakan selama produksi dan penggunaan alat pada sistem. Efisiensi waktu menggunakan rumus:

$$Ef. waktu = \frac{waktu tanpa IoT - IoT}{waktu tanpa IoT} \times 100\%$$

3.6. Variabel Kualitas

3.6.1. Total Padatan Terlarut (*°brix*)

Mnimbang satu gram tanaman kemudian menghaluskan menggunakan mortar pestle, menambahkan sepuluh tetes aquades pada tanaman yang telah

dihaluskan aduk sampai rata. Ambil larutan menggunakan pipet tetes kemudian teteskan pada refraktometer dengan satuan *°brix*.

3.6.2. Analisa Total Klorofil ($\mu\text{g/ml}$)

Pengambilan sampel pada bagian tengah daun. Daun yang akan diukur dijepitkan pada bagian sensor alat. Daun yang dilihat total klorofilnya pada bagian mesofil daun. Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 28 hst.

$$Chli = \frac{117,2 \times SPADi}{148,84 - SPADi} \times (R^2 = 890,0)$$

3.6.3. Analisa Total Asam Askorbat atau Vitamin C

Analisa vitamin C menggunakan metode titrasi atau metode iodometri :

1. Ekstraksi sampel

Menghaluskan 5 gram pakcoy menggunakan mortar dan memasukkan ke dalam erlenmeyer lalu menambah 50 ml aquades. Larutan di homogenisasi menggunakan stirer magnetik selama 5 menit, kemudian menyaring larutan menggunakan kertas saring *whatman*.

2. Ekstrak larutan

Ambil ekstrak larutan sebanyak 1 ml diencerkan ke dalam 10 ml aquades. Mengambil masing-masing 5 ml lalu memasukkan ke dalam erlenmeyer. Menambah 0,1 ml atau setara dengan 1 tetes larutan amilum 1%. Setelah itu dititrasi dengan iodium 0,01 N sampai larutan mengalami perubahan warna.

3. Konsentrasi asam karbonat (vitamin C)

Konsentrasi asam karbonat (vitamin C) dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut:

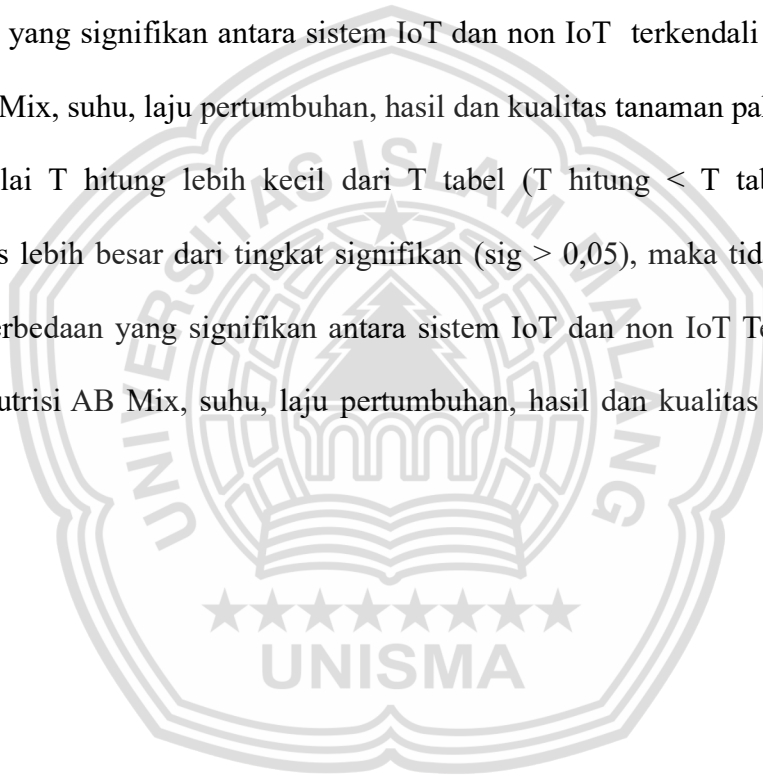
$$\frac{(\text{liter}(ml) \times 0,88 \text{ mg} \times \text{faktor pengenceran})}{\text{bobot sampel (g)}} \times 100$$

3.7. Analisis Data

Hasil data pengamatan yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji-t pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan respon tanaman sawi terhadap sistem hidroponik wick sistem IoT dan non IoT.

Pengambilan kesimpulan hipotesis berdasarkan :

1. Apabila nilai T hitung lebih besar dari T Tabel ($T \text{ hitung} > T \text{ tabel}$) atau probabilitas lebih kecil dari tingkat signifikan ($\text{sig} < 0,05$), maka terdapat perbedaan yang signifikan antara sistem IoT dan non IoT terkendali terhadap nutrisi AB Mix, suhu, laju pertumbuhan, hasil dan kualitas tanaman pakcoy.
2. Apabila nilai T hitung lebih kecil dari T tabel ($T \text{ hitung} < T \text{ tabel}$) atau probabilitas lebih besar dari tingkat signifikan ($\text{sig} > 0,05$), maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sistem IoT dan non IoT Terkendali terhadap nutrisi AB Mix, suhu, laju pertumbuhan, hasil dan kualitas tanaman pakcoy.

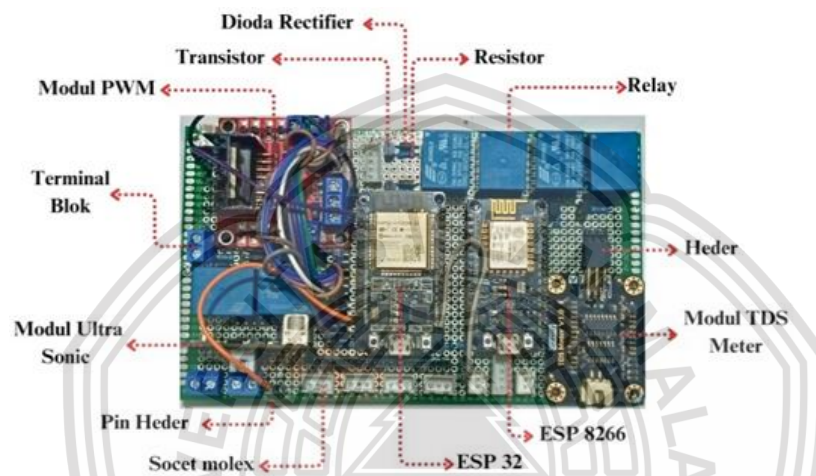


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan Bangun

Pengimplementasian perangkat keras didasarkan pada sistem yang sesuai dengan perancangan pada bab 3. Implementasi akhir perangkat keras pada sistem otomatis dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar 7. Hasil Rancangan.

Implementasi ini melibatkan penggabungan fungsi perangkat lunak dan perangkat keras sesuai dengan perancangan yang dijelaskan pada Bab 3 dan analisis hasil pengamatan pada tanaman secara keseluruhan dilakukan dengan beberapa pengujian parameter.

Rancangan perangkat keras yang telah diimplementasikan terdiri dari beberapa bagian yaitu:

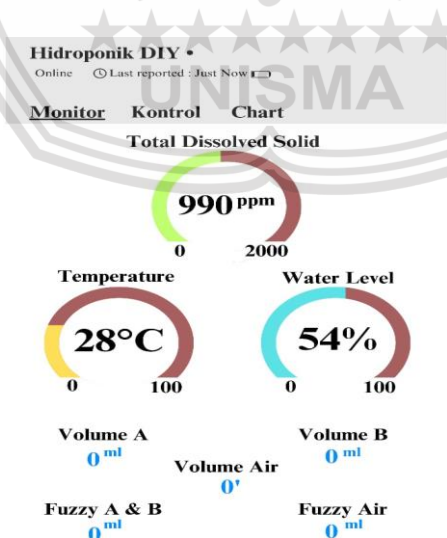
1. Arduino Nano yang digunakan sebagai pusat kendali sistem
2. Rangkaian sensor *Total Dissolved Solid* yang digunakan untuk mendeteksi jumlah partikel zat terlarut dalam air.
3. Rangkaian sensor Ds18B20 dan resistor 4,7 K Ω yang digunakan untuk mendeteksi suhu air.

4. Rangkaian modul relay 4 dan 2 channel yang dihubungkan dengan pompa air 12VDC, aerator, dinamo dan valve.
5. Rangkaian Module WiFi Node MCU ESP8266, ESP32 yang digunakan untuk mengirim data sensor ke *Blynk IoT* secara online.

Perangkat keras pada Gambar diatas akan dihubungkan ke *Blynk IoT* melalui jaringan internet yang telah terhubung pada module WiFi ESP8266 sehingga pengguna dapat melakukan monitoring melalui Smartphone Android.

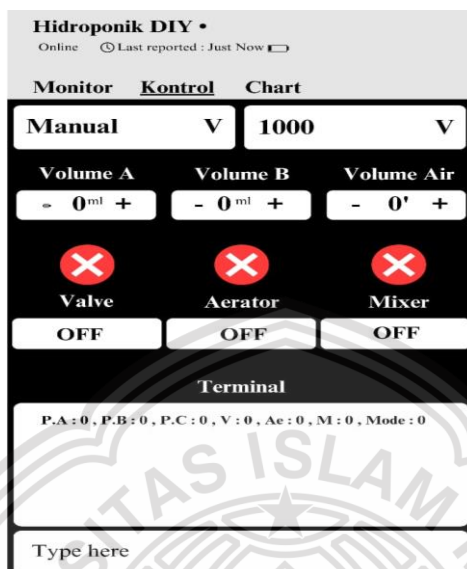
4.2. Cara Kerja Komponen Elektronik IoT

ESP32 dengan modul WiFi mengelola data dari beberapa sensor, kemudian hasilnya dikirim menggunakan internet untuk ditampilkan di aplikasi *Blynk IoT*. Sensor yang dibutuhkan untuk memantau kondisi lapang harus sesuai dengan apa yang diinginkan seperti water level, sensor *Total Dissolved Solid*, sensor PH air. Komponen-komponen yang berhubungan dengan nutrisi dan air seperti sensor *Total Dissolved Solid* dan sensor PH air semua komponen terhubung ke relay sebagai pengontrol untuk penambahan air dan nutrisi.



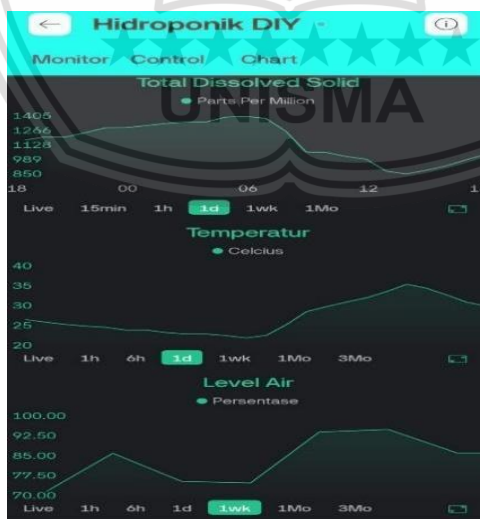
Gambar 8. Tampilan Pada Aplikasi *Blynk IoT*.

Pada aplikasi *Blynk IoT* ditampilkan data yang diperoleh dari sensor yang terpasang, aplikasi *Blynk IoT* bisa digunakan untuk mengontrol pompa secara otomatis atau manual.



Gambar 9. Tampilan Kontrol Secara Manual.

Selain menampilkan total padatan terlarut, temperature suhu dan water level seperti Gambar di atas *Blynk IoT* bisa menampilkan diagram harian dan bulanan seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Diagram pada aplikasi *Blynk IoT*.

Smart hidroponik dapat membantu para petani hidroponik dan memberikan kemudahan dalam proses pemantauan dan memonitoring alat dalam penyaluran nutrisi pada tanaman. Pengguna juga mendapatkan data yang diperoleh dari perangkat mobile yang menggunakan aplikasi *Blynk IoT*, dengan penggunaan aplikasi tersebut data dapat di monitoring secara *real time*.

4.3. Perancangan Perangkat Lunak (*software*)

Hasil penelitian pada sistem monitoring dan otomasi hidroponik ini, terdapat dua perancangan software, diantaranya perancangan pemrograman pada Arduino Nano untuk menjalankan dan mengontrol perangkat keras, perancangan pemrograman modul WiFi NodeMCU ESP8266 sebagai pengirim data sensor ke server *Blynk*, dan perancangan tampilan pada aplikasi *Blynk* untuk memonitoring data sensor.

Perancangan *software* berfungsi sebagai perintah untuk menentukan kerja dari masing-masing sensor.

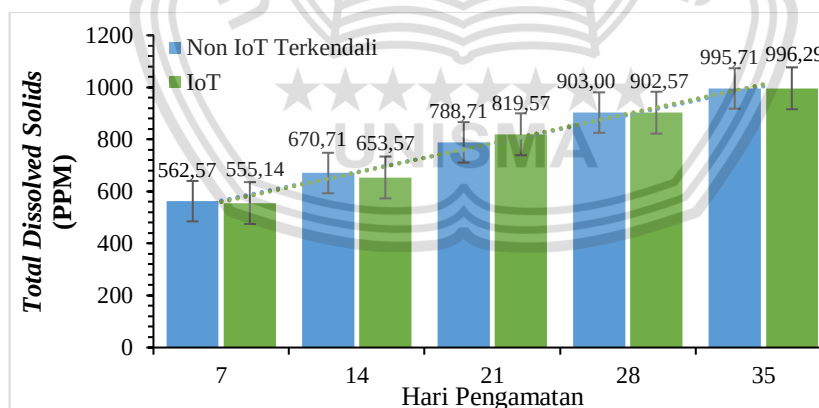
1. Proses pembacaan sensor pH. Sensor pH dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk menentukan tingkat akurasi yang sesuai dengan alat ukur yang ada.
2. Proses pembacaan sensor (*Total Dissolved Solid*) TDS. Sensor TDS dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk mengetahui tingkat akurasi yang sesuai dengan alat ukur yang ada.
3. Proses pembacaan sensor suhu untuk mengukur suhu dalam air.
4. Proses komunikasi serial Arduino nano dengan ESP8266 untuk mengirimkan data sensor ke server *Blynk*.



Gambar 11. Proses Kalibrasi.

4.4. Kondisi Lingkungan Di Tempat Penelitian

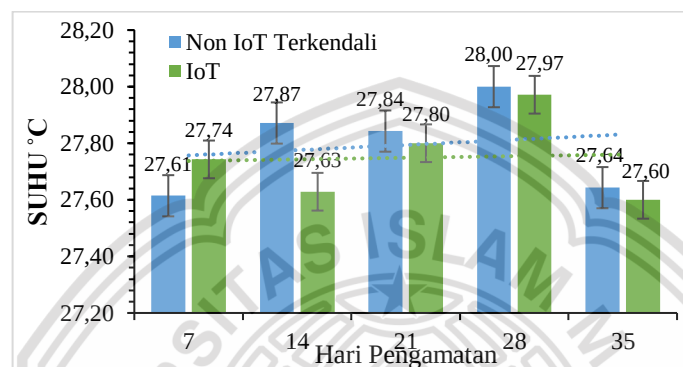
Penelitian dilakukan selama 35 hari dan pengambilan data setiap 7 hari sekali. Kondisi lingkungan saat penelitian ternaungi dengan rata-rata suhu 27-28°C dengan kondisi cerah, namun pada hari ke 10, 17, 19, 30 dan 31 terjadi hujan dengan tingkat curah hujan lebat, untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan penutupan dengan plastik agar tingkat nutrisi terjaga (Lampiran 7 ab). Pada proses pertumbuhan tanaman terdapat gejala serangan awal kutu daun dan serangga yang segera diatasi dengan pestisida hayati dan dilakukan pembersihan secara manual.



Gambar 12. *Total Dissolve Solid* Larutan Hidroponik Pada Tandon Utama.

Gambar 12 menunjukkan bahwa pada hari ke 7-35 kondisi TDS (*Total Dissolved Solid*) pada tandon nutrisi IoT maupun npon Iot terkendali relatif stabil pada kisaran nilai 670-990. Hasil uji-t menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara TDS tandon nutrisi IoT dan non IoT terkendali

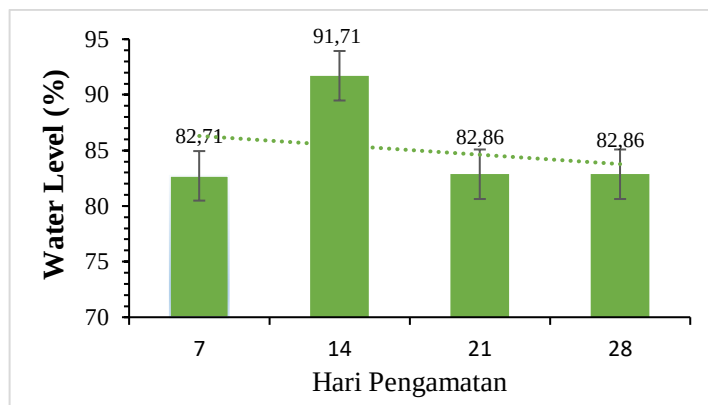
pada hari ke 7-35 hari setelah tanam (Lampiran 1a). Sistem hidroponik wick dengan IoT menjaga level nutrisi secara otomatis, sedangkan pada non IoT terkendali harus dilakukan pengecekan dan penambahan nutrisi secara manual agar kebutuhan nutrisi tanaman terpenuhi. Monitoring nutrisi pada sistem hidroponik dengan IoT juga bisa dilakukan secara real time tanpa pergi ke lokasi atau lahan penanaman. Hal tersebut menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih baik.



Gambar 13. Kestabilan Suhu Tandon Utama Hidroponik Wick Sistem Non Iot Terkendali dan IoT

Gambar 13 menunjukkan bahwa pada hari ke 7-35 kondisi suhu pada tandon Non IoT relatif stabil pada kisaran nilai 27,61-28,00, namun pada tandon utama IoT pada umur 7-35 kondisi suhu bervariasi kisaran nilai 26,53-27,97. Hasil uji-t menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada hari ke 7, 28 dan 35, pada hari ke 14 dan 21 terdapat perbedaan signifikan antara suhu tandon IoT dan non IoT terkendali (Lampiran 1b).

Gambar 14 menunjukkan diagram rata-rata water level atau tingkat ketinggian air pada sistem IoT umur 7-28. Kisaran nilai water level adalah 82,00 - 91,00 % hal ini menunjukkan bahwa fungsi sensor berjalan cukup baik sampai hari ke 28. Sedangkan pada sistem non IoT water level dijaga pada ketinggian 100 % (Lampiran 1 c).

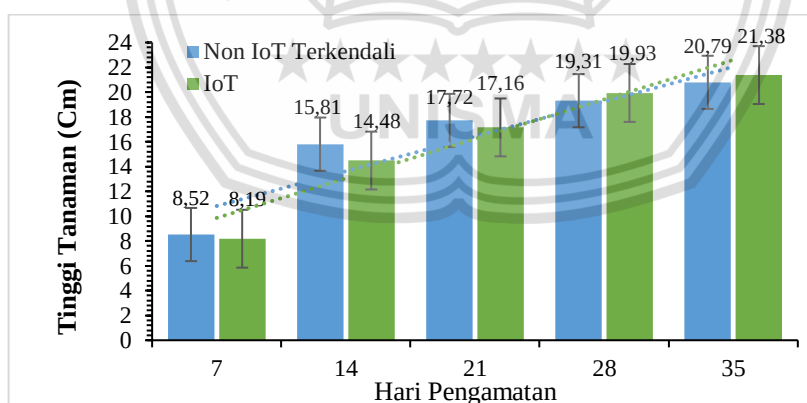


Gambar 14. Water Level Pada Perlakuan Wick Dengan Kontrol IoT.

4.5. Variabel Pengamatan Tanaman

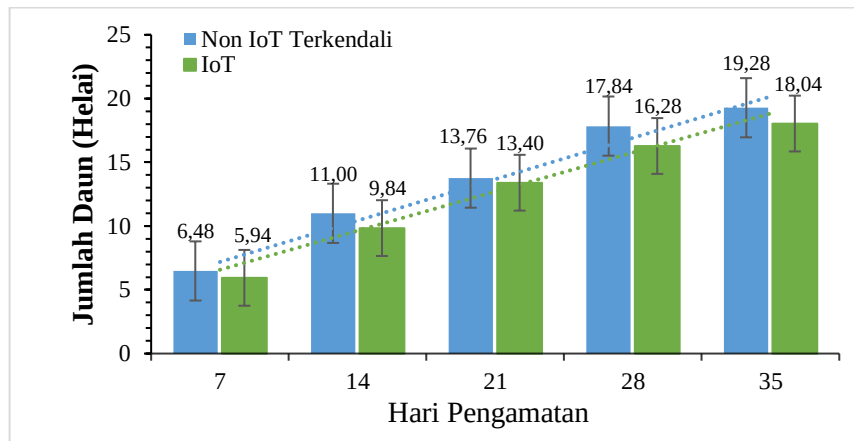
4.5.1. Tinggi Tanaman (cm)

Hasil uji-t terhadap variabel rata-rata tinggi tanaman pada umur 7-35 HST tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara tinggi tanaman Non IoT terkendali dan IoT (Lampiran 2a). Secara umum tanaman pakcoy pada model hidroponik wick Non IoT terkendali pada umur 7-21 HST lebih tinggi daripada sistem IoT. Namun, pada umur 28-35 HST model hidroponik wick IoT sedikit lebih baik, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Rerata Tinggi Tanaman Pakcoy Pada Perlakuan Hidroponik Wick Model Non IoT Terkendali dan IoT.

4.5.2. Jumlah Daun (helai)

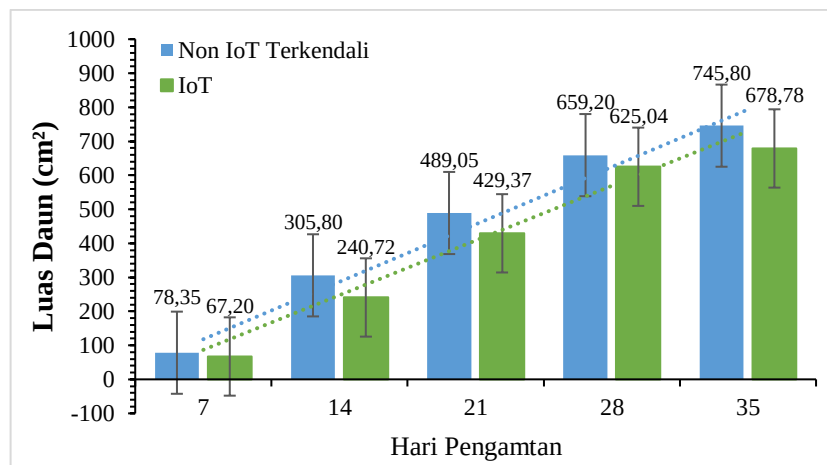


Gambar 16. Rerata Jumlah Daun Tanaman Pakcoy Pada Perlakuan Hidroponik Wick Model Non IoT Terkendali dan IoT.

Hasil uji-t terhadap variabel rata-rata jumlah daun pada umur 7, 14 dan 28 terdapat perbedaan signifikan, namun pada umur 21 dan 35 tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara jumlah daun tanaman pakcoy pada hidroponik wick Non IoT terkendali dan IoT (Lampiran 2b). Secara umum jumlah daun tanaman pakcoy pada model hidroponik wick Non IoT terkendali pada umur 7-35 lebih baik dari pada hidroponik wick IoT, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 16.

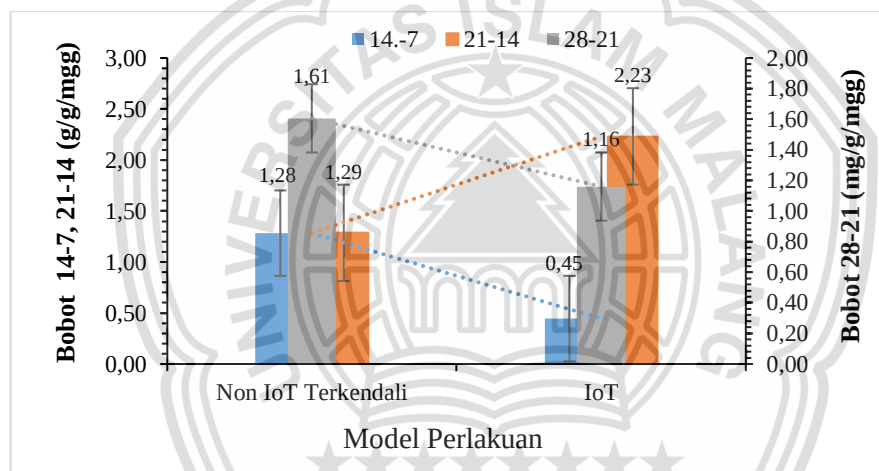
4.5.3. Luas Daun (Helai)

Hasil uji-t terhadap variabel rata-rata luas daun pada umur 7-35 tanaman menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan secara signifikan antara hidroponik wick Non IoT terkendali dan IoT (Lampiran 2c). Secara umum luas daun tanaman pakcoy pada model hidroponik wick Non IoT terkendali lebih baik dari pada hidroponik wick IoT, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Rerata Luas Daun Tanaman Pakcoy pada Perlakuan Hidroponik Wick Model Non IoT Terkendali dan IoT.

4.5.4. Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)



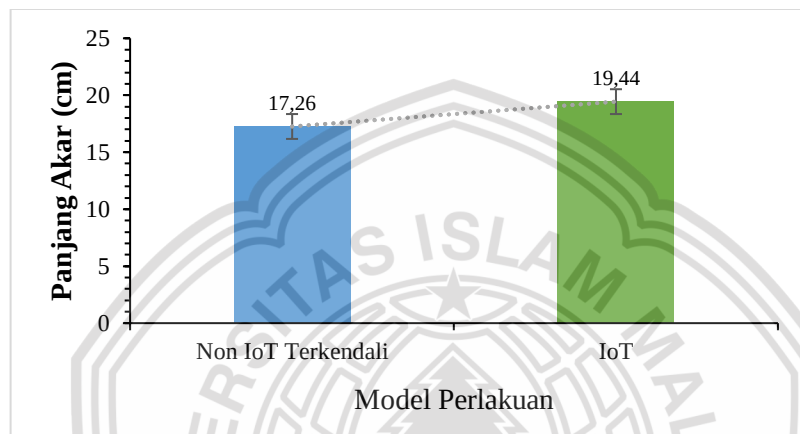
Gambar 18. Rerata Laju Pertumbuhan Relatif Pada Perlakuan Hidroponik Wick Model Non IoT Terkendali dan IoT.

Hasil uji-t terhadap variabel rata-rata laju pertumbuhan relatif (LPR) pada umur ke 7-28 tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara hidroponik wick sistem Non IoT terkendali dan IoT (Lampiran 2d). Secara umum laju pertumbuhan relatif pada tanaman pakcoy pada umur ke 7-14 dan 21-28 pada model hidroponik wick Non IoT terkendali lebih baik dari hidroponik wick IoT, namun pada umur ke 14-21 hidroponik wick IoT lebih baik dari pada hidroponik wick Non IoT terkendali. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 18.

4.6. Variabel Hasil

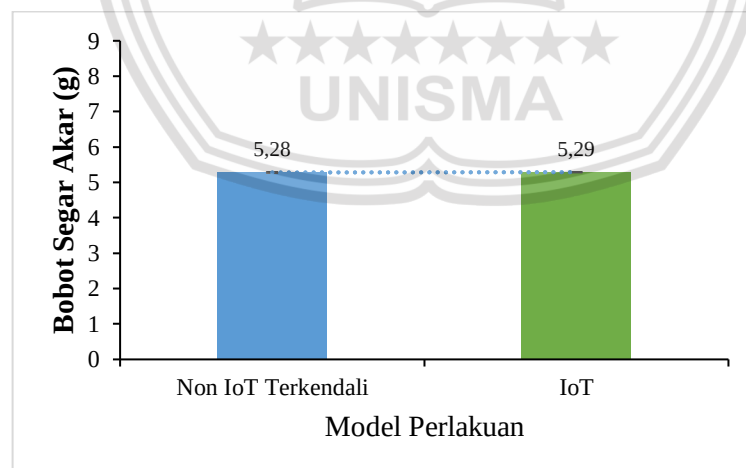
4.6.1. Panjang Akar (cm)

Hasil uji-t terhadap variabel panjang akar tanaman pakcoy menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan secara signifikan antara hidroponik *wick* Non IoT terkendali dan IoT (Lampiran 3a). Pada panjang akar model hidroponik *wick* IoT lebih baik dari pada sistem Non IoT terkendali, sebagaimana pada Gambar 19.



Gambar 19. Rerata Panjang Akar Pada Perlakuan Hidroponik *Wick* Model Non IoT Terkendali dan IoT.

4.6.2. Bobot Segar Akar (g)



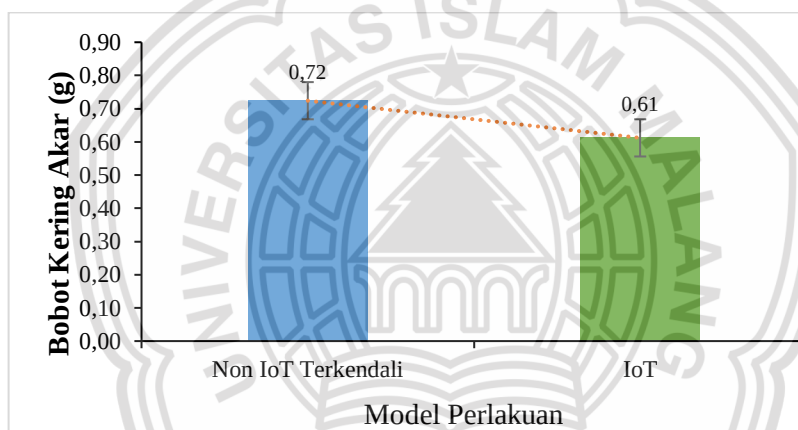
Gambar 20. Rerata Bobot Segar Akar Pada Perlakuan Hidroponik *Wick* Model Non IoT Terkendali dan IoT.

Hasil uji-t terhadap variabel bobot segar akar tanaman pakcoy menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan secara signifikan antara hidroponik *wick* Non IoT

terkendali dan IoT (Lampiran 3a). Pada bobot segar akar model hidroponik *wick* Non IoT terkendali lebih baik dari pada hidroponik *wick* IoT, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 20.

4.6.3. Bobot Kering Akar (g)

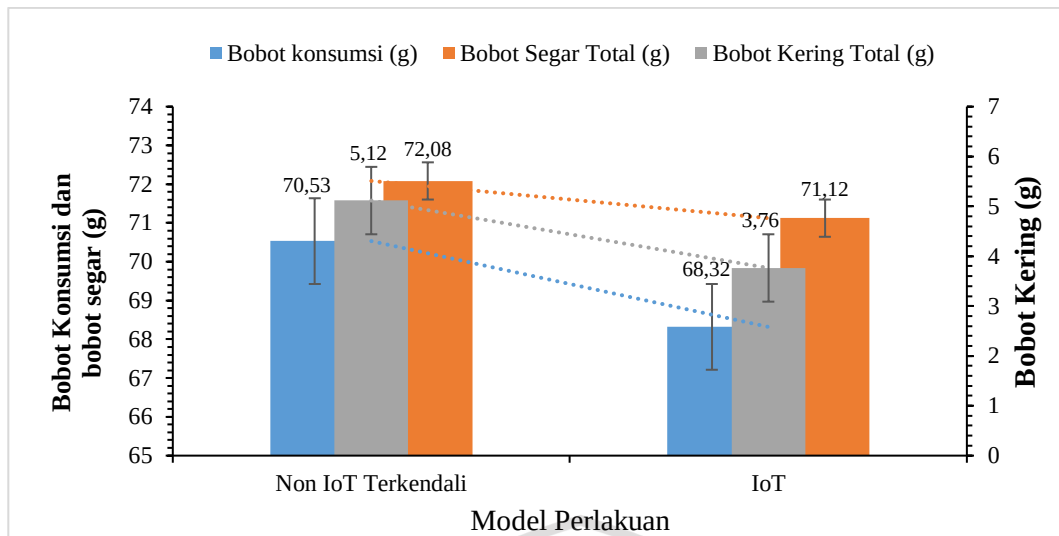
Hasil uji-t terhadap variabel bobot kering akar tanaman pakcoy menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan secara signifikan antara hidroponik *wick* Non IoT terkendali dan IoT (Lampiran 3a). Secara umum bobot kering tanaman model hidroponik *wick* Non IoT terkendali lebih baik dari pada hidroponik *wick* IoT, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Rerata Bobot Kering Akar Pada Perlakuan Hidroponik *Wick* Model Non IoT Terkendali dan IoT.

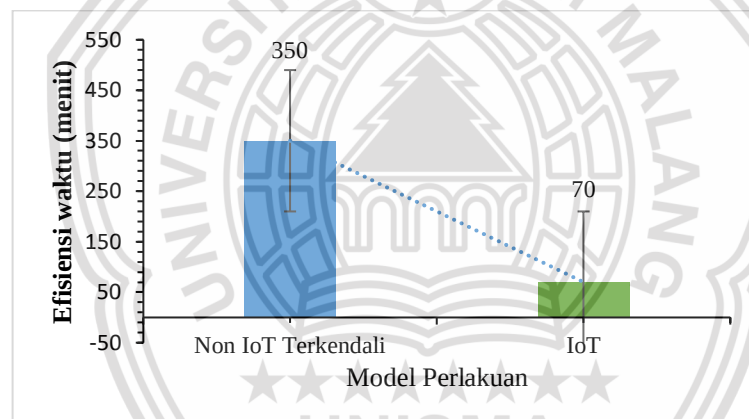
4.6.4. Bobot Konsumsi , Bobot Segar Total dan Bobot Kering Total (g), Efisiensi Produksi

Hasil uji-t terhadap variabel hasil bobot konsumsi, bobot segar total, bobot kering total menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan (Lampiran 3b). Secara umum tanaman pakcoy pada model hidroponik *wick* Non IoT terkendali memiliki hasil panen yang sedikit lebih baik dengan nilai efisiensi produksi 103,2377 (Lampiran 3c). Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22. Rerata Bobot Konsumsi, Bobot Segar Total, Bobot Kering Total Pada Perlakuan Hidroponik Wick Model Non IoT Terkendali dan IoT.

4.6.5. Efisiensi Waktu (menit)

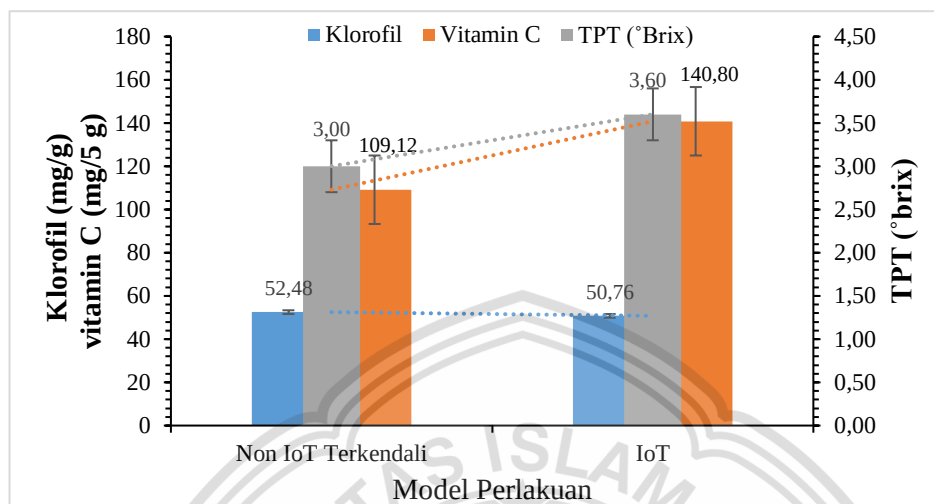


Gambar 23. Efisiensi Waktu

Efisiensi waktu pada pengontrolan Nutrisi pada penggunaan hidroponik *wick* sistem Non IoT terkendali memperoleh sekitar 350 menit sedangkan pada hidroponik sistem IoT memperoleh 70 menit selama 35 hari pengamatan. Penggunaan pada sitem hidroponik *wick* sistem IoT lebih efesien 80% dalam pengontrolan nutrisi (Lampiran 3d), hal tersebut dikarenakan pada pengecekan dan pengontrolan nutrisi yang didukung oleh sistem Arduino uno menggunakan pompa

DC sebagai penyedot air dan menggunakan *smartphone* untuk mengontrol aliran air dari jarak jauh

4.7. Variabel Kualitas



Gambar 24. Rerata Variabel Kualitas Pada Perlakuan Hidroponik Wick Model Non IoT Terkendali dan IoT.

Hasil uji-t terhadap variabel kualitas tanaman menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan Non IoT terkendali dan IoT (Lampiran 4). Secara umum pada uji klorofil perlakuan hidroponik wick Non IoT terkendali lebih baik dari pada hidroponik wick IoT, namun dari segi uji vitamin C dan uji TPT perlakuan hidroponik wick IoT lebih baik dari pada hidroponik wick Non IoT terkendali. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 24.

4.8. Pembahasan

Hasil uji-t yang dilakukan dalam variabel pengamatan menunjukkan bahwa tanaman pakcoy yang dihasilkan dari sistem hidroponik wick Non IoT terkendali lebih baik pada variabel pertumbuhan, hasil dan kualitas dari pada hidroponik wick sistem IoT, namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dan memiliki efisiensi produksi sebesar 103,2377 (Lampiran 3c) dan efisiensi waktu hidroponik wick sistem IoT lebih efisien dari pada non IoT terkendali sebesar 80% (Lampiran

3d). Berdasarkan hasil uji-t menunjukkan bahwa desain IoT (*Internet of Things*) yang dikembangkan untuk meningkatkan kinerja hidroponik *wick zero energy* ini sudah cukup baik, dikarenakan desain mikrokontroler yang dibuat dalam penelitian ini mampu melakukan pengontrolan ppm (*Part Per Million*), suhu dan ketinggian air seperti yang diharapkan. Okomba et al (2024) mengatakan mikrokontroler secara efektif memantau parameter kualitas air seperti pH (*Potential Hydrogen*), ppm dan mengontrol ketinggian air melalui sistem sakelar otomatis. Mikrokontroler juga memiliki berbagai jenis dan fungsi, seperti Arduino Uno yang dapat digunakan sebagai mikrokontroler untuk berbagai tugas dalam bidang teknologi elektronika (Sokop et al., 2016). Pernyataan tersebut juga sesuai dengan AlMadhoun (2023) yang mengatakan mikrokontroler adalah perangkat yang kuat namun sederhana yang memainkan peran penting dalam inovasi teknologi, mempengaruhi rutinitas sehari-hari dan mesin industri untuk mendorong kemajuan dan inovasi di berbagai aplikasi dan industri.

Penelitian ini juga menambahkan batu aerator untuk menjaga kestabilan ppm pada setiap anak bak pada sistem IoT (*Internet of Things*). Selain menjaga kestabilan ppm penambahan aerator juga bertujuan sebagai alat pengaduk nutrisi pada setiap anak bak, hal ini berdampak sangat positif pada laju pertumbuhan. Ika Wahyu Ningsih & Aini (2021) juga mengatakan aerator dapat menghasilkan gelembung udara yang fungsinya untuk menggerakkan nutrisi, memperkaya oksigen terlarut, meningkatkan laju pertumbuhan dan menjaga kualitas air. Aerator tidak hanya mempengaruhi pertumbuhan akar tetapi juga berinteraksi dengan faktor lingkungan seperti cahaya dan suhu. Pernyataan tersebut sesuai dengan Krisnawati et al., (2014) Di dalam penelitiannya yang mengatakan penggunaan aerator di luar

greenhouse dapat meningkatkan hasil panen karena meningkatkan sirkulasi udara dan oksigen di zona perakaran.

Nutrisi merupakan elemen penting dalam proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Ketika nutrisi tidak mencukupi maka tanaman mengalami pertumbuhan yang lambat, batang yang lemah dan daun akan layu, sebaliknya ketika kelebihan nutrisi tanaman akan mudah terserang penyakit dan daun akan menguning. Pernyataan tersebut sesuai dengan pernyataan Muneer et al (2024) kekurangan nutrisi pada tanaman menyebabkan pertumbuhan yang lambat, batang lemah, dan daun layu karena kekurangan makronutrien. Sebaliknya, kelebihan nutrisi dapat menyebabkan daun menguning dan meningkatkan kerentanan terhadap penyakit, oleh sebab itu pentingnya pengelolaan nutrisi yang seimbang untuk kesehatan tanaman yang optimal. Dalam penelitian ini dikembangkan hidroponik wick berbasis IoT (*Internet of Things*), dimana semua sensor-sensor terhubung ke arduino nano dengan ESP8266 untuk mengirimkan data sensor ke server *Blynk IoT*.

Pupuk AB-Mix diproduksi dalam dua kemasan yang berbeda yaitu Mix A dan Mix B, Mix A mengandung unsur Kalsium dan mix B mengandung sulfat dan fosfat. Ketiganya tidak boleh dicampur dalam keadaan pekat agar tidak menimbulkan endapan, apabila kation Ca dalam pupuk Mix A bertemu dengan anion sulfat (SO_4^{2-}) dalam pupuk Mix B akan terjadi endapan Kalsium Sulfat (CaSO_4), sehingga unsur S dan Ca tidak dapat diserap oleh akar dan apabila kation kalsium dalam pekatan Mix A bertemu dengan anion fosfat (PO_4^{3-}) dalam Mix B, maka akan terjadi endapan Kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Apabila terjadi suatu endapan maka unsur kalsium dan fosfor tidak dapat diserap oleh akar. Guna

memenuhi kebutuhan hara atau nutrisi tersebut, tanaman hidroponik memerlukan larutan nutrisi atau pupuk dalam bentuk Cair (Sastro dan Nofi, 2016).

Kelebihan dari sistem ini adalah memudahkan petani dalam melakukan monitoring pertumbuhan tanaman melalui *smartphone*, hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas dalam melakukan budidaya hidroponik. Sistem hidroponik cerdas memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui internet, petani juga dapat mengakses data real-time tentang parameter penting melalui antar muka yang ramah pengguna sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam budidaya hidroponik (Putra et al., 2024). Pernyataan tersebut sesuai dengan pernyataan Shanto et al (2023) mengatakan aplikasi *Blynk IoT* dapat membantu petani untuk memantau nutrisi, suhu dan intensitas cahaya secara real-time melalui *smartphone*. Bhattacharyya (2019) juga mengatakan petani dapat mengontrol berbagai perangkat seperti pompa air, kipas, lampu, dan humidifier dari jarak jauh menggunakan aplikasi *Blynk IoT*, hal ini dapat memungkinkan penyesuaian cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan. Ullah et al (2019) juga melakukan penelitian yang sama menggunakan pengendali mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan pompa. Pompa akan mengambil air dari sebuah tandon yang terhubung ke saluran air biasa. Jika ketinggian air di tandon turun ke tingkat tertentu, sistem akan mengirimkan SMS ke Petani. Petani dapat mengontrol saluran air dan membuat tandon penuh dengan aplikasi seluler. Sistem ini terbukti berjalan baik dan membantu petani dalam mengelola budidaya hidroponiknya.

Pengukuran nutrisi pada umumnya dilakukan secara manual dengan menggunakan alat ukur standar TDS-EC Meter yang berfungsi sebagai mendeteksi nilai larutan nutrisi. Apabila nilai TDS-EC kurang atau tidak sesuai maka dilakukan

penambahan nutrisi, namun pengukuran dan pengendalian nutrisi dilakukan secara manual yang membutuhkan waktu dan tenaga untuk melakukan pengecekan secara teratur. Sistem hidroponik wick sistem IoT (*Internet of Things*) menawarkan pemantauan waktu nyata, kontrol lingkungan yang tepat, dan irigasi otomatis, meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Sistem ini mengurangi biaya tenaga kerja, meminimalkan pemborosan sumber daya, dan meningkatkan hasil panen dibandingkan dengan metode hidroponik manual (Preeti et al., 2024). Namun, pada sistem IoT dalam budidaya hidroponik ini juga rawan mengalami gangguan atau keterlambatan dalam mengumpulkan dan memproses data terutama pada kondisi cuaca ekstrim contohnya seperti hujan lebat (Pangestika et al, 2020). Sehingga dalam kondisi tersebut tetap memerlukan intervensi secara manual.

Kendala yang terjadi pada penggunaan alat ini masih relatif aman dalam budidaya tanaman pakcoy, karena kendala terjadi menjelang panen, hal tersebut bisa dilihat dari kondisi TDS (*Total Dissolved Solid*) yang stabil pada setiap minggunya. Pada minggu ke 1 memiliki nilai rata-rata 555-562 ppm, minggu ke 2 memiliki nilai rata-rata 653-670 ppm, minggu ke 3 memiliki nilai rata-rata 788-819 ppm, minggu ke 4 memiliki nilai rata-rata 902-903 ppm, minggu ke 5 memiliki nilai rata-rata 995-996 ppm. Kondisi suhu pada tandon utama nutrisi memiliki suhu relatif normal pada kisaran 27-28°C dari hari ke 7-35 hari setelah tanam. Kondisi water level pada sistem IoT memiliki nilai rata-rata minggu ke 1 ketinggian air stabil dengan nilai 82,71%, minggu ke 2 rata-rata ketinggian air meningkat menjadi 91,71%, minggu ke 3 ketinggian air menurun dengan nilai rata-rata 82,86% dan minggu ke 4 ketinggian air tetap dengan nilai rata-rata 82,86% .

Hari ke 11, 18, 20, 31 dan 33 mengalami gangguan akibat terjadinya korosi pada sensor suhu, Total Dissolved Solid dan valve yang menyebabkan eror dalam pengiriman data pada aplikasi Blink IoT. Selain faktor korosi, hujan juga menjadi kendala dikarenakan dilakukan di outdoor yang mengakibatkan alat-alat terkena air hujan, selain alat nutrisi juga bercampur dengan air hujan. Respon yang tidak tepat akan mengakibatkan kesalahan dalam penanganan permasalahan yang muncul. Cho et al., (2020) juga mengatakan respon yang tidak tepat terhadap perubahan nutrisi hidroponik dapat menyebabkan kekurangan atau kelebihan nutrisi yang berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman. Penggunaan teknologi yang kompleks pada sistem IoT bisa juga menjadi sumber stres bagi tanaman jika tidak dikelola dengan baik. Misalnya fluktuasi atau perubahan data yang mendadak akibat kesalahan atau gangguan sensor dan pengaturan otomatis yang dapat mempengaruhi kesehatan tanaman (Maulinawati et al, 2022). Penggunaan konektivitas IoT (Internet of Things) dapat mengoptimalkan tingkat nutrisi dan memungkinkan kontrol yang tepat terhadap parameter pertumbuhan tanaman seperti TDS, pH, dan EC. Sistem ini menghubungkan sensor dan konektivitas IoT untuk memantau dan mengontrol parameter ini secara real-time, sehingga meningkatkan kesehatan tanaman dan mengoptimalkan hasil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Segi efisiensi waktu penggunaan sistem IoT lebih efisien 80% ketimbang Non-IoT. Terdapat kendala korosi pada sensor suhu dan TDS yang terjadi pada sistem IoT namun masih relatif.
2. Tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara model hidroponik *wick* non IoT terkendali dengan IoT dalam hal konsentrasi nutris, suhu, laju pertumbuhan, hasil dan kualitas. Namun terdapat perbedaan signifikan secara statistik di jumlah daun pada hari ke 7, 14 dan 28, tetapi tidak terdapat perbedaan pada hari ke 21 dan 35.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya pengambilan sampel TDS dan suhu sebaiknya dilakukan sebanyak 3 kali sehari agar lebih akurat dan mengukur jumlah volume air yang ditambahkan pada sistem hidroponik *wick* Non IoT terkendali dan IoT. Pemilihan alat-alat perlu diperhatikan agar tidak terjadi kendala korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S., Fauzi, R., & Setiawan, I. (2024). Membangun Sistem IoT Sederhana Pengendalian LED menggunakan Arduino Nodemcu ESP8266 di SMK Media Informatika. *Dinamika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 36–41. <https://doi.org/10.56457/dinamika.v2i1.577>
- Afandi, M. (2020). Sistem Kontrol Otomatis Dan Monitoring EC Berbasis IoT Untuk Pemberian Pupuk Pada Tanaman Selada. In *Repository.Unej.Ac.Id*. <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/102221>
- Aisyah, S., Suhendra, S., Saharja, K., & Telaumbanua, F. (2024). Development of an Automated Feeding System for Hydroponic Plant Nutrition Using Arduino Uno. *KnE Engineering*. <https://doi.org/10.18502/keg.v6i1.15365>
- Allisa, A. (2022). Sistem Wick Pada Hidroponik. <https://kebunpintar.id/blog/sistem-wick-pada-hidroponik/>
- AlMadhoun, A. S. A. (2023). Microcontroller. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9582-3_1
- Amara, C. (2023). Internet Of Things. *ilmuelektro.id*. <https://ilmuelektro.id/internet-of-things/>
- Arip, M., & Thoriq, A. (2022). Kelayakan Budidaya Selada KROP dengan Sistem Smart Watering di Greenhouse FTIP UNPAD. *Jurnal Agriekstensi*, 21(1), 34–41.
- Bayu WN (2016). Tabel PPM dan pH Nutrisi Hidroponik - HIDROPONIKPEDIA. [online] HIDROPONIKPEDIA. Available at: <https://hidroponikpedia.com/tabel-ppm-dan-ph-nutrisi-hidroponik/> [Accessed 25 Maret. 2024].
- Bhattacharyya, D. (2019). Ingenious Agriculture Monitoring System Using IoT And Blynk. *International Journal of Smart Device and Appliance*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.21742/ijdsda.2019.7.1.01>
- Cahyani, M. P. (2023). IoT Dalam Smart Farming 4.0 untuk Upaya Tingkatkan Efisiensi Agribisnis. *Teknois : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Sains*, 3(2), 154–190.
- Cho, T.-K., Yoo, S.-N., & Choi, Y.-S. (2020). Development of an automated nutrient solution management system by macronutrient concentration control in drain solution. *Journal of Agriculture \& Life Science*, 55, 117–125.
- Cindy, C. L. (2019). Pengaruh Aliran Nutrisi dan Jenis Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan hasil tanaman kale (*Brassica oleracea var. acephala*) Pada sistem hidroponik Nutrien Film Technique (NFT).
- Cmcbinus. (2019). Mengenal Mikrokontroler. *Mediana Mahasiswa ITB-MG*. <https://binus.ac.id/bandung/2019/11/mengenal-mikrokontroler/>
- Dewi, R. R., & Santoso, E. B. (2016). Arahana Peningkatan Pengelolaan Program Urban Farming di Kelurahan Made Kecamatan Sambikerep Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 203–208. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18167>

- Dyah Ayu Savitri, Rufiani Nadzirah, N. N. (2020). Pelatihan Hidroponik Sistem DFT Guna Menumbuhkan Jiwa Kewirahusaan Siswa Di Jember. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 4(5), 969–977.
- Enrawan. (2019). Aplikasi Nutrisi AB Mix dan Pupuk Organik Cair pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Secara Hidroponik dengan Wick System. 1–48.
- Ernanda, M. Y. (2017). Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Kendang Ayam dan Pupuk Organik Cair (POC) Urin Sapi.
- Farhan. (2022). Akses Sensor TDS Meter Menggunakan Arduino Uno. Indomacer.com - An Innovation Maker. http://indomaker.com/product/blog/tutorial-akses-sensor-tds-meter-menggunakan-arduino-uno/#google_vignette
- Fauzi, R., Putra, E. T. S., & Ambarwati, E. (2013). Pengayaan oksigen di zona perakaran untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil selada (*Lactuca sativa* L.) secara hidroponik. *Vegetalika*, 2(4), 63–74.
- Hali, A. S., Bani, M. D. S., Nitit, B. P., & Logic, F. (2021). Efisiensi Penerapan Metode Fuzzy Logic pada Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique. *Jurnal Gatra Nusantara*, 19(2), 208–211.
- Hilda (2022). Nutrisi Tanaman Hidroponik Dengan Tujuan Pemberian dan Cara Membuatnya. [online] Cakap. Available at: <https://blog.cakap.com/nutrisi-tanaman-hidroponik/> [Accessed 25 Maret. 2024].
- Ika Wahyu Ningsih, R., & Aini, N. (2021). Pengaruh Durasi Penggunaan Aerator dan Pengaplikasian PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) pada Hidroponik Sistem Rakit Apung. *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 6(2), 106–114. <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2021.006.2.2>
- Junaidi, J., & Ramadhani, K. (2024). Efektivitas Internet of Things (Iot) Pada Sektor Pertanian. *Jurnal Teknisi*, 4(1), 12. <https://doi.org/10.54314/teknisi.v4i1.1793>
- Kailashkumar B., Priandharshini K., & Logapriya M. (2023). Hydroponic Cultivation: Factors Affecting Its Success and Efficacy. *International Journal of Enviornment and Climate Change*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102905>
- Karman, N. (2022). Peningkatan Kualitas Dan Kuantitas Produksi Sayur Hidroponik Menggunakan Greenhouse. *RESONA : Jurnal Ilmiah Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 221–228. <https://doi.org/10.35906/resona.v5i2.923>
- Krisnawati, D., Triyono, S., & Kadir, M. Z. (2014). Pengaruh aerasi terhadap pertumbuhan tanaman baby kailan (*Brassica oleraceae* var. Achepala) pada teknologi hidroponik sistem terapung di dalam dan di luar green house. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(3), 213–222.
- Maulianawati, D. and Lembang, M.S., 2022. *Kualitas Air Akuakultur*. Syiah Kuala University Press.
- Misel. (2022). Fungsi dan Jenis Relay. PT Mitrainti Sejahtera Eletrindo.

<https://misel.co.id/apa-itu-relay-berikut-pengertian-jenis-dan-fungsi-relay-yuk-simak/>

- Muneer, M., Afridi, M. S., Saddique, M. A. B., Chen, X., Zaib-un-Nisa, Yan, X., Farooq, I., Munir, M. Z., Yang, W., Ji, B., Zheng, C., & Wu, L. (2024). Nutrient stress signals: Elucidating morphological, physiological, and molecular responses of fruit trees to macronutrients deficiency and their management strategies. *Scientia Horticulturae*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112985>
- Nguyen, H. C., Thi, B. T. V., & Ngo, Q. H. (2022). Automatic Monitoring System for Hydroponic Farming: Iot-Based Design and Development. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 12(3), 210–219. <https://doi.org/10.55493/5005.v12i3.4630>
- Okomba, N., Esan, A., Omodunbi, B., Adedayo, S., Fajimi, I., Nwobodo, L., & Nduanya, U. (2024). Development of Microcontroller Based Water Quality Monitoring and Water Level Control Device. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, 9(1), 43–48. <https://doi.org/10.4314/fuoyejet.v9i1.7>
- Pangestika, M., Hohary, M., Agus, Y.H., Widyawati, N., Herawati, M.M., Sutrisno, A.J., Handoko, Y.A., Simamora, L., Zebua, D.D.N., Nadapdap, H.J. and Prihtanti, T.M., 2020. *Smart Farming: Pertanian di Era Revolusi Industri 4.0*. Penerbit Andi.
- Preeti, M. I., Sayali, M. W., Payal, M. N., & Sabale, M. S. (2024). Hydroponic Monitoring System Using IoT. *International Journal of Research Publication and Reviews*. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0424.10119>
- Putra, S. D., Heriansyah, H., Cahyadi, E. F., Anggriani, K., & Imron S Jaya, M. H. (2024). Development of smart hydroponics system using AI-based sensing. *Jurnal Infotel*, 16(3), 1–12. <https://doi.org/10.20895/infotel.v16i3.1190>.
- Sastro, Y. dan Nofi, A.R. 2016. *Hidroponik Sayuran di Perkotaan*. Jakarta: BPTP
- Satrio. (2022). *Mikrokontroler, pengertian, fungsi dan jenis - jenisnya - IMC*. Mediana Mahasiswa ITB-MG. <https://mediacenter.itbmg.ac.id/mikrokontroler-pengertian-fungsi-dan-jenis-jenisnya/>
- Shafiq Nurdin, Kusumawardhani, A., & Yudrika, Y. A. (2022). Desain dan Analisis Mesin Pakan Ikan Otomatis Basis Arduino Uno Periode Dua Kali Sehari. *Nusantara of Engineering (NOE)*, 5(1), 34–40. <https://doi.org/10.29407/noe.v5i1.17380>
- Shanto, S. S., Rahman, M., Oasik, J. M., & Hossain, H. (2023). Smart Greenhouse Monitoring System Using Blynk IoT App. *Journal of Engineering Research and Reports*, 25(2), 94–107. <https://doi.org/10.9734/jerr/2023/v25i2883>
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., Eng, M., & Sompie, S. R. U. A. (2016). Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(3), 13–23. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/11999>
- Ullah, A., Aktar, S., Sutar, N., Kabir, R., & Hossain, A., 2019. Cost Effective Smart

Hydroponic Monitoring and Controlling System Using IoT. Intelligent Control and Automation. <https://doi.org/10.4236/ica.2019.104010>.

Wibowo, S. (2021). Aplikasi Sistem Aquaponik Dengan Hidroponik Dft Pada Budidaya Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*). Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ, 8(2), 125–133. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v8i2.1490>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji-t Kosentrasi Nutrisi, Stabilitas Suhu dan Water Level Di IoT

a. Stabilitas *Total Dissolved Solid* Hidroponik Wick Non IoT Terkendali dan IoT

		<i>Total Dissolved Solids</i> (PPM)				
		7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST
Nilai	Non IoT Terkendali	562,57	670,71	788,71	903,00	995,71
Rata-Rata	IoT	555,14	653,57	819,57	902,57	996,29
Stdev	Non IoT Terkendali	38,72	43,47	43,47	41,03	0,76
	IoT	44,63	52,95	104,82	46,07	1,50
KK	Non IoT Terkendali	2,66	2,51	2,11	1,70	1,72
	IoT	1,94	1,40	2,66	2,19	2,22
T Hitung		0,3326	0,6587	-0,7194	0,0184	-0,9020
T Tabel		2,1788	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
Nilai P		0,7451	0,5225	0,4856	0,9856	0,3848

b. Data Suhu

		SUHU (°C)				
		7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST
Nilai	Non IoT Terkendali	27,61	27,87	27,84	28,00	27,64
Rata-Rata	IoT	27,74	27,63	27,80	27,97	27,60
STDEV	Non IoT Terkendali	0,74	0,70	0,59	0,48	0,48
	IoT	0,54	0,39	0,74	0,61	0,61
KK	Non IoT Terkendali	6,88	6,48	5,51	4,54	0,08
	IoT	8,04	8,10	12,79	5,10	0,15
T Hitung		-0,34961	2,38914	0,75727	0,34133	0,14604
T Tabel		2,14479	2,17881	2,17881	2,17881	2,17881
Nilai P		0,73184	0,03419	0,46350	0,73876	0,88632

c. Data Water Level Mingguan Pada Sistem Hidroponik *Internet of Things*

Perlakuan		WATER LEVEL			
		7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
IoT	Rata-Rata	82,71	91,71	82,86	82,86
	Stdev	8,99	3,45	5,58	5,46
	KK	10,87	3,76	6,74	6,59

- Apabila nilai T Hitung > T Tabel atau nilai P < 0,05 maka memiliki pengaruh signifikan, artinya H0 diterima H1 ditolak
- Apabila nilai T Hitung < T Tabel atau nilai P > 0,05 maka tidak memiliki pengaruh signifikan artinya H0 ditolak H1 diterima

Lampiran 2. Uji-t Pada Variabel Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

a. Analisis Tinggi Tanaman

TINGGI TANAMAN (Cm)		7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST
Nilai	Non IoT Terkendali	8,52	15,81	17,72	19,31	20,79
Rata-Rata	IoT	8,19	14,48	17,16	19,93	21,38
STDEV	Non IoT Terkendali	0,58	1,54	1,14	1,11	0,74
	IoT	0,23	0,91	0,57	0,39	0,44
KK	Non IoT Terkendali	6,79	9,76	6,41	5,75	3,55
	IoT	2,79	6,29	3,31	1,95	2,04
T Hitung		1,2076	1,6526	0,9863	-1,1864	-1,5332
T Tabel		2,3060	2,3060	2,3060	2,3060	2,3060
Nilai P		0,2617	0,1370	0,3529	0,2695	0,1638

b. Analisis Jumlah Daun

JUMLAH DAUN (Helai)		7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST
Nialai	Non IoT Terkendali	6,48	11,00	13,76	17,84	19,28
Rata-Rata	IoT	5,94	9,84	13,40	16,28	18,04
STDEV	Non IoT Terkendali	0,19	0,28	0,55	0,70	0,87
	IoT	0,42	0,26	1,15	1,27	1,16
KK	Non IoT Terkendali	2,97	2,57	4,03	3,92	4,50
	IoT	7,00	2,65	8,57	7,80	6,44
T Hitung		2,6349	6,7424	0,6309	2,4071	1,9134
T Tabel		2,3060	2,3060	2,3060	2,3060	2,3060
Nilai P		0,0299	0,0001	0,5457	0,0427	0,0921

c. Analisis Luas Daun

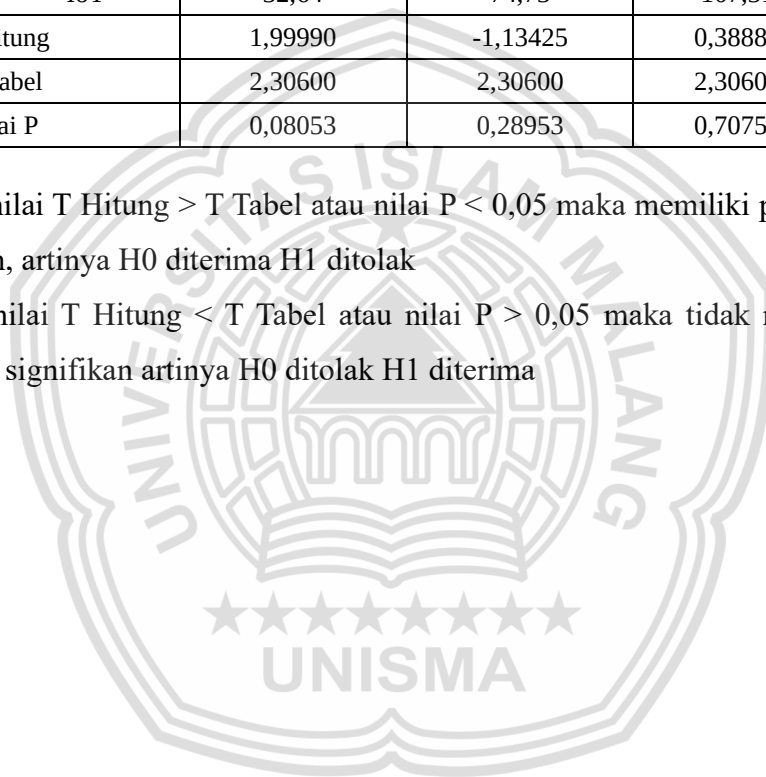
LUAS DAUN		7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST
Nilai	Non IoT Terkendali	78,35	305,80	489,05	659,20	745,80
Rata-Rata	IoT	67,20	240,72	429,37	625,04	678,78
STDEV	Non IoT	13,58	68,94	79,10	185,23	207,77
	IoT	3,31	26,96	82,55	153,33	163,11
KK	Non IoT Terkendali	17,33	22,54	16,17	28,10	27,86
	IoT	4,92	11,20	19,23	24,53	24,03
T Stat		1,783935	1,965866	1,167187	0,317677	0,567423
T Tabel		2,306004	2,306004	2,306004	2,306004	2,306004
Nilai P		0,112274	0,084885	0,276744	0,758863	0,585993

Lanjutan lampiran 2

d. Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)

Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR)				
		14.-7 HST	21-14 HST	28-21 HST
Nilai	Non IoT Terkendali	1,28	1,29	1,61
Rata-Rata	IoT	0,45	2,23	1,16
STDEV	Non IoT Terkendali	0,92	0,83	2,24
	IoT	0,15	1,67	1,24
KK	Non IoT Terkendali	72,08	64,84	139,56
	IoT	32,64	74,73	107,31
T Hitung		1,99990	-1,13425	0,38880
T Tabel		2,30600	2,30600	2,30600
Nilai P		0,08053	0,28953	0,70757

- Apabila nilai T Hitung > T Tabel atau nilai P < 0,05 maka memiliki pengaruh signifikan, artinya H0 diterima H1 ditolak
- Apabila nilai T Hitung < T Tabel atau nilai P > 0,05 maka tidak memiliki pengaruh signifikan artinya H0 ditolak H1 diterima



Lampiran 3. Uji-t Pada Variabel Hasil

a. Panjang Akar (cm), Bobot Segar Akar (g), Bobot Kering Akar (g)

HASIL TANAMAN				
		Panjang Akar (cm)	Bobot Segar Akar (g)	Bobot kering Akar (g)
Nilai	Non IoT Terkendali	17,26	5,28	0,72
Rata-Rata	IoT	19,44	5,29	0,61
STDEV	Non IoT	2,19	1,23	0,15
	IoT	2,28	1,48	0,15
KK	Non IoT Terkendali	12,71	23,37	20,89
	IoT	11,74	28,02	24,72
T Stat		-1,53968	-0,00464	1,17537
T Tabel		2,30600	2,306004	2,306
Nilai P		0,16220	0,996412	0,2736

b. Bobot Konsumsi, Bobot Segar Total dan Bobot Kering Total (g)

HASIL TANAMAN				
		Bobot Konsumsi (g)	Bobot Segar Total (g)	Bobot Kering Total (g)
Nilai	Non IoT Terkendali	70,532	72,08	5,12
Rata-Rata	IoT	68,32	71,12	3,76
STDEV	Non IoT Terkendali	24,95	28,50	2,21
	IoT	21,34	24,09	1,13
KK	Non IoT Terkendali	35,37	39,53	43,12
	IoT	31,24	33,87	30,02
T Hitung		0,1507	0,05750	1,21960
T Tabel		2,306	2,30600	2,30600
Nilai P		0,884	0,95550	0,25730

- Apabila nilai T Hitung > T Tabel atau nilai P < 0,05 maka memiliki pengaruh signifikan, artinya H0 diterima H1 ditolak
- Apabila nilai T Hitung < T Tabel atau nilai P > 0,05 maka tidak memiliki pengaruh signifikan artinya H0 ditolak H1 diterima

Lanjutan Lampiran 3

c. Efisiensi Produksi

BERAT KONSUMSI TANAMAN							
		U1	U2	U3	U4	U5	Rerata
Nilai	Non IoT	107,02	79,3	67,16	39,78	59,4	70,532
Rerata	IoT	63,42	98,44	51,84	46,9	81	68,32

$$= \frac{70,532}{68,32} = 1,032$$

$$= 1,032 \times 100$$

$$= 103,2377$$

d. Efisiensi Waktu

Efisiensi waktu pengontrolan Nutrisi		
Waktu Pengamatan	Kode Sampel	
	Non IoT Terkendali	IoT
7 HST	70	14
14 HST	70	14
21 HST	70	14
28 HST	70	14
35 HST	70	14
Jumlah Waktu	350	70
Rerata	70	14

$$= 350 - 70 = 280$$

$$= \frac{280}{350} = 0,8$$

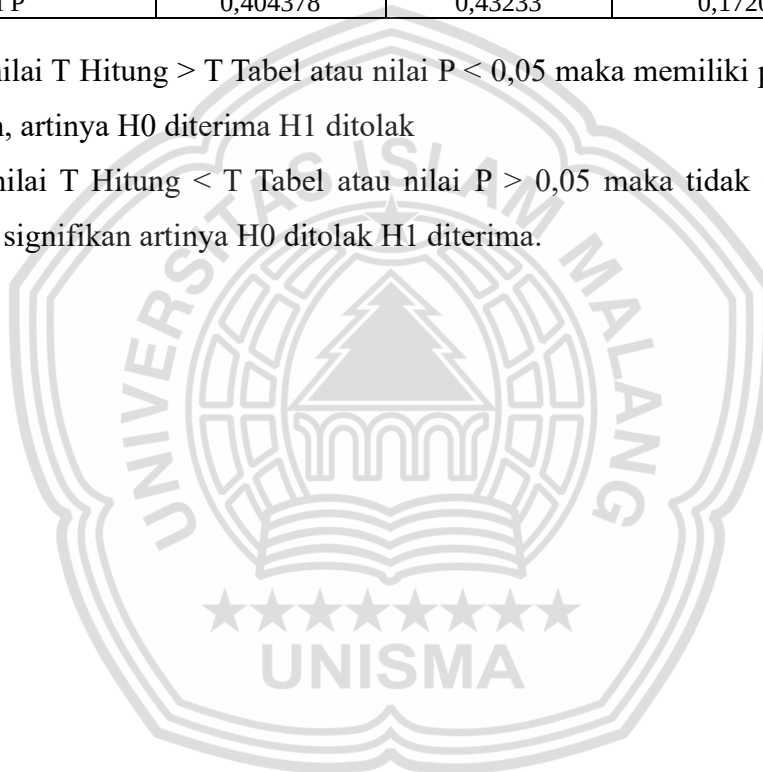
$$= 0,8 \times 100\%$$

$$= 80\%$$

Lampiran 4. Uji-t Variabel Kualitas Tanaman Pakcoy

VARIABEL KUALITAS				
		Klorofil	Vitamin C	TPT (°Brix)
Nilai Rata-Rata	Non IoT Terkendali	52,48	109,12	3,00
	IoT	50,76	140,80	3,60
STDEV	Non IoT Terkendali	2,08	33,85	0,71
	IoT	3,85	78,71	0,55
KK	Non IoT Terkendali	3,97	31,02	23,57
	IoT	7,59	55,90	15,21
T Hitung		0,880274	-0,82677	-1,5
T Tabel		2,306004	2,306	2,3060
Nilai P		0,404378	0,43233	0,1720

- Apabila nilai T Hitung > T Tabel atau nilai P < 0,05 maka memiliki pengaruh signifikan, artinya H0 diterima H1 ditolak
- Apabila nilai T Hitung < T Tabel atau nilai P > 0,05 maka tidak memiliki pengaruh signifikan artinya H0 ditolak H1 diterima.



Lampiran 5. Tabel Matrikulasi

a. Total Dissolved Solid (PPM)

	Total Dissolved Solid (PPM)					Jumlah
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
H0	x	x	x	x	x	0
H1	√	√	√	√	√	5

b. Suhu (°C)

	Suhu (°C)					Jumlah
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
H0	x	√	x	x	x	1
H1	√	x	√	√	√	4

e. Tinggi Tanaman (cm)

	Tinggi Tanaman (cm)					Jumlah
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
H0	x	x	x	x	x	0
H1	√	√	√	√	√	5

f. Jumlah Daun (helai)

	Jumlah Daun (helai)					Jumlah
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
H0	√	√	x	√	x	3
H1	x	x	√	x	√	2

e. Luas Daun (cm²)

	Luas Daun (cm ²)					Jumlah
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
H0	x	x	x	x	x	0
H1	√	√	√	√	√	5

f. Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)

	Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)					Jumlah
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
H0	x	x	x	x	x	0
H1	√	√	√	√	√	5

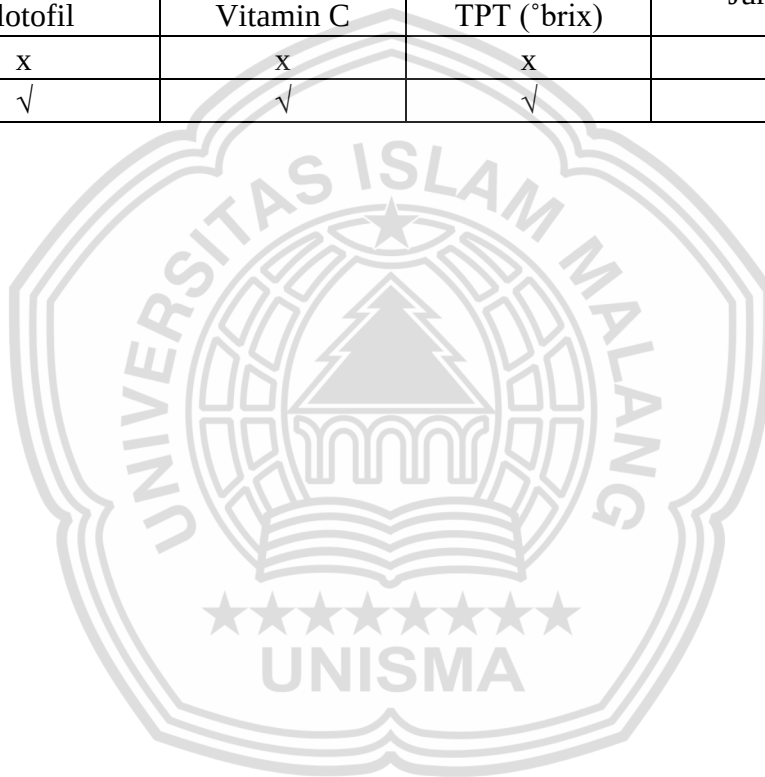
Lanjutan Lampiran 5

g. Variabel Hasil

	Variabel Hasil						Jumlah
	Berat Segar Akar (g)	Berat Kering Akar (g)	Panjang Akar (cm)	Bobot Konsumsi (g)	Bobot segar Total (g)	Bobot Kering Total (g)	
H0	x	x	x	x	x	x	0
H1	√	√	√	√	√	√	6

h. Variabel Kualitas

	Variabel Kualitas			Jumlah
	Klotofil	Vitamin C	TPT (°brix)	
H0	x	x	x	0
H1	√	√	√	3



Lampiran 6. Kode Sampel

Kode	Keterangan
A1T1	Non IoT Terkendali Box 1 Tanaman 1
A1T2	Non IoT Terkendali Box 1 Tanaman 2
A1T3	Non IoT Terkendali Box 1 Tanaman 3
A1T4	Non IoT Terkendali Box 1 Tanaman 4
A1T5	Non IoT Terkendali Box 1 Tanaman 5
A1K1	Non IoT Terkendali Box 1 Uji Kualitas
A1P1	Non IoT Terkendali Box 1 Uji LPR Tanaman 1
A1P2	Non IoT Terkendali Box 1 Uji LPR Tanaman 2
A1P3	Non IoT Terkendali Box 1 Uji LPR Tanaman 3
A1P4	Non IoT Terkendali Box 1 Uji LPR Tanaman 4
A2T1	Non IoT Terkendali Box 2 Tanaman 1
A2T2	Non IoT Terkendali Box 2 Tanaman 2
A2T3	Non IoT Terkendali Box 2 Tanaman 3
A2T4	Non IoT Terkendali Box 2 Tanaman 4
A2T5	Non IoT Terkendali Box 2 Tanaman 5
A2K1	Non IoT Terkendali Box 2 Uji Kualitas
A2P1	Non IoT Terkendali Box 2 Uji LPR Tanaman 1
A2P2	Non IoT Terkendali Box 2 Uji LPR Tanaman 2
A2P3	Non IoT Terkendali Box 2 Uji LPR Tanaman 3
A2P4	Non IoT Terkendali Box 2 Uji LPR Tanaman 4
A3T1	Non IoT Terkendali Box 3 Tanaman 1
A3T2	Non IoT Terkendali Box 3 Tanaman 2
A3T3	Non IoT Terkendali Box 3 Tanaman 3
A3T4	Non IoT Terkendali Box 3 Tanaman 4
A3T5	Non IoT Terkendali Box 3 Tanaman 5
A3K1	Non IoT Terkendali Box 3 Uji Kualitas
A3P1	Non IoT Terkendali Box 3 Uji LPR Tanaman 1
A3P2	Non IoT Terkendali Box 3 Uji LPR Tanaman 2
A3P3	Non IoT Terkendali Box 3 Uji LPR Tanaman 3
A3P4	Non IoT Terkendali Box 3 Uji LPR Tanaman 4
A4T1	Non IoT Terkendali Box 4 Tanaman 1
A4T2	Non IoT Terkendali Box 4 Tanaman 2
A4T3	Non IoT Terkendali Box 4 Tanaman 3
A4T4	Non IoT Terkendali Box 4 Tanaman 4
A4T5	Non IoT Terkendali Box 4 Tanaman 5
A4K1	Non IoT Terkendali Box 4 Uji Kualitas
A4P1	Non IoT Terkendali Box 4 Uji LPR Tanaman 1
A4P2	Non IoT Terkendali Box 4 Uji LPR Tanaman 2

Kode	Keterangan
B1T1	IoT Box 1 Tanaman 1
B1T2	IoT Box 1 Tanaman 2
B1T3	IoT Box 1 Tanaman 3
B1T4	IoT Box 1 Tanaman 4
B1T5	IoT Box 1 Tanaman 5
B1K1	IoT Box 1 Uji Kualitas
B1P1	IoT Box 1 Uji LPR Tanaman 1
B1P2	IoT Box 1 Uji LPR Tanaman 2
B1P3	IoT Box 1 Uji LPR Tanaman 3
B1P4	IoT Box 1 Uji LPR Tanaman 4
B2T1	IoT Box 2 Tanaman 1
B2T2	IoT Box 2 Tanaman 2
B2T3	IoT Box 2 Tanaman 3
B2T4	IoT Box 2 Tanaman 4
B2T5	IoT Box 2 Tanaman 5
B2K1	IoT Box 2 Uji Kualitas
B2P1	IoT Box 2 Uji LPR Tanaman 1
B2P2	IoT Box 2 Uji LPR Tanaman 2
B2P3	IoT Box 2 Uji LPR Tanaman 3
B2P4	IoT Box 2 Uji LPR Tanaman 4
B3T1	IoT Box 3 Tanaman 1
B3T2	IoT Box 3 Tanaman 2
B3T3	IoT Box 3 Tanaman 3
B3T4	IoT Box 3 Tanaman 4
B3T5	IoT Box 3 Tanaman 5
B3K1	IoT Box 3 Uji Kualitas
B3P1	IoT Box 3 Uji LPR Tanaman 1
B3P2	IoT Box 3 Uji LPR Tanaman 2
B3P3	IoT Box 3 Uji LPR Tanaman 3
B3P4	IoT Box 3 Uji LPR Tanaman 4
B4T1	IoT Box 4 Tanaman 1
B4T2	IoT Box 4 Tanaman 2
B4T3	IoT Box 4 Tanaman 3
B4T4	IoT Box 4 Tanaman 4
B4T5	IoT Box 4 Tanaman 5
B4K1	IoT Box 4 Uji Kualitas
B4P1	IoT Box 4 Uji LPR Tanaman 1
B4P2	IoT Box 4 Uji LPR Tanaman 2

Kode	Keterangan
A4P3	Non IoT Terkendali Box 4 Uji LPR Tanaman 3
A4P4	Non IoT Terkendali Box 4 Uji LPR Tanaman 4
A5T1	Non IoT Terkendali Box 5 Tanaman 1
A5T2	Non IoT Terkendali Box 5 Tanaman 2
A5T3	Non IoT Terkendali Box 5 Tanaman 3
A5T4	Non IoT Terkendali Box 5 Tanaman 4
A5T5	Non IoT Terkendali Box 5 Tanaman 5
A5K1	Non IoT Terkendali Box 5 Uji Kualitas
A5P1	Non IoT Terkendali Box 5 Uji LPR Tanaman 1
A5P2	Non IoT Terkendali Box 5 Uji LPR Tanaman 2
A5P3	Non IoT Terkendali Box 5 Uji LPR Tanaman 3
A5P4	Non IoT Terkendali Box 5 Uji LPR Tanaman 4

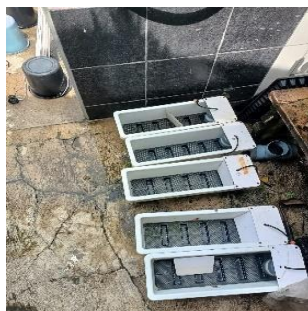
Kode	Keterangan
B4P3	IoT Box 4 Uji LPR Tanaman 3
B4P4	IoT Box 4 Uji LPR Tanaman 4
B5T1	IoT Box 5 Tanaman 1
B5T2	IoT Box 5 Tanaman 2
B5T3	IoT Box 5 Tanaman 3
B5T4	IoT Box 5 Tanaman 4
B5T5	IoT Box 5 Tanaman 5
B5K1	IoT Box 5 Uji Kualitas
B5P1	IoT Box 5 Uji LPR Tanaman 1
B5P2	IoT Box 5 Uji LPR Tanaman 2
B5P3	IoT Box 5 Uji LPR Tanaman 3
B5P4	IoT Box 5 Uji LPR Tanaman 4



Lampiran 7. Dokumentasi Kegiatan



a) Proses coding



b) Membersihkan boks hidroponik



c) Perakitan alat hidroponik



d) Perakitan komponen



e) Perakitan line arus listrik



f) Pemasangan sistem IoT



g) Proses pindah tanam



h) Uji vitamin C



i) Uji TPT



j) Uji Klorofil



k) Pengambilan Sampel



l) Pengovenan Sampel

Lanjutan Lampiran 6



m) Proses Penimbangan Berat Segar



n) Proses Penimbangan Berat kering



o) Proses Panen



p) Panjang Akar



q) Pengaduk Otomatis



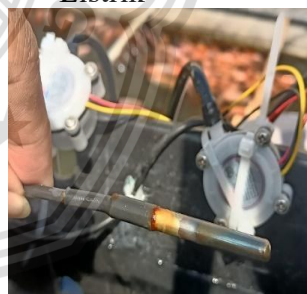
r) Perbaikan Line Listrik



s) Korosi Pada Sensor TDS

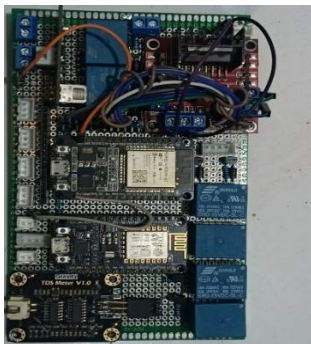


t) Korosi Pada Valve



u) Korosi Pada Sensor Suhu

Lanjutan Lampiran 6



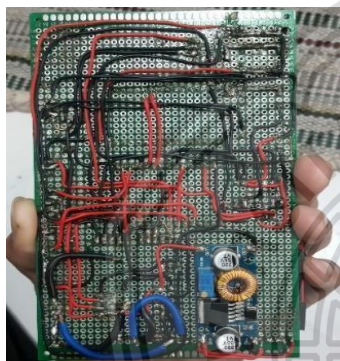
v) Hasil Perancangan Komponen



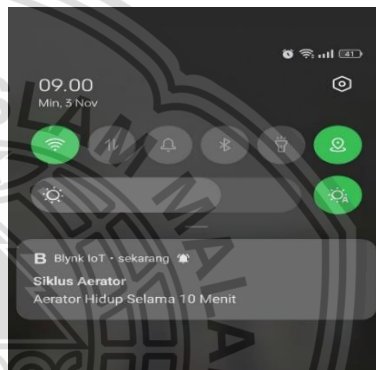
w) Pemasangan Komponen Boks Panel



x) Penyambungan Komponen listrik Pada Boks Panen



y) Line Listrik



z) Notifikasi Siklus Aerator

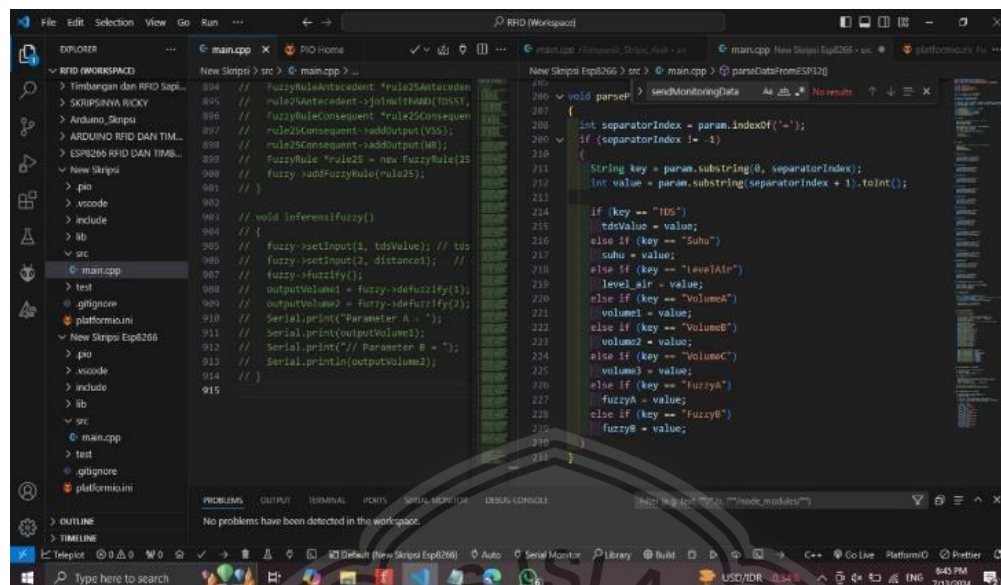


aa) Tanaman Sebelum Panen



ab) Perlindungan Sensor dan Nutrisi Ketika Hujan

Lanjutan Lampiran 6



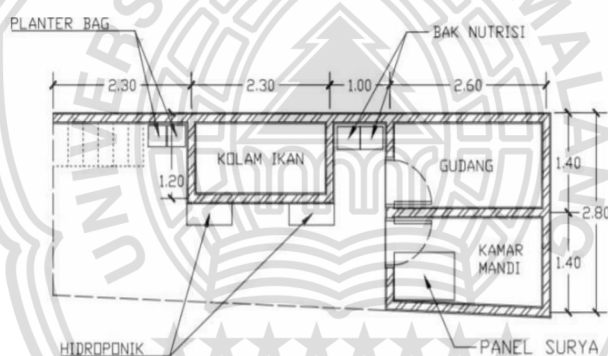
```

// File: main.cpp
// Fuzzy Rule Antecedent *rule25Antecedent
// rule25Antecedent->joinWithAND(TDS1,
// FuzzyRuleConsequent *rule25Consequen
// rule25Consequent->addOutput(V55);
// FuzzyRule *rule25 = new FuzzyRule(25
// fuzzy->addFuzzyRule(rule25);

// void InferensiFuzzy()
// {
//     fuzzy->setInput(1, tdsValue); // tds
//     fuzzy->setInput(2, distance); //
//     fuzzy->fuzzify();
//     outputVolume1 = fuzzy->defuzzify(1);
//     outputVolume2 = fuzzy->defuzzify(2);
//     Serial.print("Parameter A = ");
//     Serial.print(outputVolume1);
//     Serial.print("\n Parameter B = ");
//     Serial.println(outputVolume2);
// }

// void parseDataFromESP32()
// {
//     void parser()
//     {
//         int separatorIndex = param.indexOf("+");
//         if (separatorIndex != -1)
//         {
//             String key = param.substring(0, separatorIndex);
//             int value = param.substring(separatorIndex + 1).toInt();
//
//             if (key == "TDS")
//                 tdsValue = value;
//             else if (key == "Suhu")
//                 suhu = value;
//             else if (key == "levelAir")
//                 levelAir = value;
//             else if (key == "VolumeA")
//                 volume1 = value;
//             else if (key == "VolumeB")
//                 volume2 = value;
//             else if (key == "VolumeC")
//                 volume3 = value;
//             else if (key == "FuzzyA")
//                 fuzzyA = value;
//             else if (key == "FuzzyB")
//                 fuzzyB = value;
//         }
//     }
// }
    
```

ac) Pemrograman Software



ad) Denah Penelitian