

**DESAIN RANCANGAN SISTEM MONITORING DAN KONTROLING
TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS) PADA HIDROPONIK NFT BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IoT) TERHADAP TANAMAN SELADA
KERITING (*Lactuca sativa* L.)**

(Skripsi)

Oleh

Krisna Bayu Aji



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

DESAIN RANCANGAN SISTEM MONITORING DAN KONTROLING TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS) PADA HIDROPONIK NFT BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) TERHADAP TANAMAN SELADA KERITING (*Lactuca sativa* L.)

Oleh

Krisna Bayu Aji

Hidroponik merupakan salah satu teknik untuk membudidayakan tanaman pada lahan kecil dan tidak memerlukan lahan berupa media tanah. Tanaman yang dibudidayakan pada hidroponik salah satunya adalah Selada (*Lactuca sativa* L.) dengan beberapa keuntungan bagi petani hidroponik untuk dibudidayakan. Sistem hidroponik yang digunakan oleh para petani mempunyai resiko sehingga memerlukan penanganan agar hidroponik dapat termonitoring dan terkontrol dengan baik. Tujuan utama dari pemanfaatan ini adalah memudahkan petani dengan keterbatasan sehingga diperlukan bantuan dari alat otomatis untuk memonitoring dan mengontrol nutrisi pada tanaman. Proses penelitian ini memerlukan desain rancangan sehingga didapatkan perhitungan kuota, listrik, data stabilitas, respon sistem, kecepatan pengiriman data dan rerata waktu pengendalian. Proses tersebut dimulai dengan membuat desain PCB, kemudian membuat tampilan *interface* dari aplikasi Blynk, setelah itu membuat program pada Google *Spreadsheet* agar dapat terhubung dengan mikrokontroler Wemos D1 R2, kemudian alat tersebut digunakan pada sistem hidroponik dengan tanaman selada yang siap dipindah tanam, setelah itu dihubungkan dengan koneksi internet, dan kemudian melakukan pengujian kepada alat.

Penelitian ini menghasilkan alat yang dapat memonitoring dan kontroling nutrisi pada sistem hidroponik. Alat ini dapat diakses secara *realtime* melalui aplikasi Blynk, Google *Spreadsheet*, dan LCD yang terdapat pada PCB. Alat tersebut dikalibrasi sehingga mendapatkan R^2 sebesar 0,992 atau 99,2%. Proses kalibrasi tahap kedua menghasilkan R^2 sebesar 0,9857 atau 98,57%. Hasil validasi sensor mendapatkan nilai RMSE 0,82 dan dapat dikatakan bahwa alat bisa digunakan. Data monitoring nutrisi dan suhu tersimpan pada *database* Google *Spreadsheet* dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk. Hasil respon sistem pada alat dari keadaan mati hingga hidup memerlukan waktu 7,13 detik dari rata rata pengujian. Kemudian respon untuk terhubung ke Blynk adalah 7,01 detik, dan untuk menghubungkan data hingga terbaca di Google *Spreadsheet* adalah sekitar 11,34 detik. Hasil uji jarak untuk monitoring dengan jarak yang jauh tidak terdapat kendala dan memerlukan waktu sekitar 7 detik untuk menghidupkan atau mematikan aktuator. Hasil monitoring dan kontroling memerlukan jumlah kuota sekitar 1,8 gb selama 1 – 27 hst. Hasil rerata pengendalian memiliki jeda waktu untuk menaikkan ppm sekitar 5 detik dengan rerata waktu yang cepat sekitar 4 menit 40 detik saat menaikkan nutrisi dari 500 ke 700 ppm. Penggunaan listrik selama 1 jam adalah sekitar 0,0036 kWh dengan biaya yang dibutuhkan untuk pengoperasian alat adalah Rp 3.732 selama 27 hari.

Kata kunci : hidroponik, selada keriting, monitoring, kendali, Wemos D1 R2.

ABSTRACT

TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS) MONITORING AND CONTROLLING SYSTEM DESIGN IN INTERNET OF THINGS (IoT)-BASED HYDROPONIC NFT ON CRILY CULTIVATES (*Lactuca sativa* L.)

By

Krisna Bayu Aji

*Hydroponics is a technique for cultivating plants on small land and does not require land in the form of soil media. One of the plants cultivated in hydroponics is Lettuce (*Lactuca sativa* L.) with several advantages for hydroponic farmers to cultivate. The hydroponic system used by farmers has risks that require handling so that hydroponics can be monitored and controlled properly. The main purpose of this utilization is to make it easier for farmers with limitations so that assistance from automatic tools is needed to monitor and control nutrients in plants. This research process requires a design design so that the calculation of quotas, electricity, stability data, system response, data transmission speed and average control time are obtained. The process begins with making a PCB design, then creating an interface display from the Blynk application, after that creating a program on Google Sheets so that it can be connected to the Wemos D1 R2 microcontroller, then the tool is used in a hydroponic system with lettuce plants that are ready to be transplanted, then connected with an internet connection, and then test the tool.*

This research produces a tool that can monitor and control nutrients in hydroponic systems. This tool can be accessed in real time through the Blynk application, Google Sheets, and the LCD on the PCB. The tool is calibrated so

that it gets an R^2 of 0.992 or 99.2%. The second phase of the calibration process produces an R^2 of 0.9857 or 98.57%. The results of the sensor validation get an RMSE value of 0.82 and it can be said that the tool can be used. Nutrition and temperature monitoring data is stored in the Google Sheets database and displayed via the Blynk application. The results of the system response to the device from the off state to the live one takes 7.13 seconds from the average test. Then the response to connect to Blynk is 7.01 seconds, and to connect data until it is read on Google Sheets is around 11.34 seconds. The results of the distance test for remote monitoring show no problems and it takes about 7 seconds to turn on or turn off the actuator. Monitoring and controlling results require a total quota of around 1.8 gb for 1 – 27 hst. The average control results have a time lag for increasing ppm of about 5 seconds with a fast average time of about 4 minutes 40 seconds when increasing nutrients from 500 to 700 ppm. The use of electricity for 1 hour is around 0.0036 kWh and the cost needed to operate the tool is IDR 3,732 for 27 days.

Keywords: *hydroponics, curly lettuce, monitoring, control, Wemos D1 R2.*

**DESAIN RANCANGAN SISTEM MONITORING DAN KONTROLING
TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS) PADA HIDROPONIK NFT BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IoT) TERHADAP TANAMAN SELADA
KERITING (*Lactuca sativa* L.)**

Oleh

Krisna Bayu Aji

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **DESAIN RANCANGAN SISTEM MONITORING DAN KONTROLING *TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS)* PADA HIDROPONIK NFT BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IoT)* TERHADAP TANAMAN SELADA KERITING (*Lactuca sativa L.*)**

Nama Mahasiswa : **Krisna Bayu Aji**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1814071063**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**


Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.
NIP 19880325 201504 1 001


Elhamida Rezkia Amien, S.TP., M.Si.
NIP. 231804900214201

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP 19621010 198902 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.



Sekretaris : Elhamida Rezkia Amien, S.TP., M.Si.



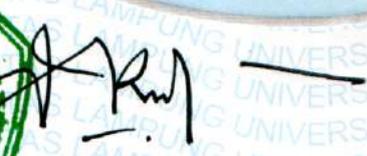
**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Budianto Lanya, M.T.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si
NIP 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Desember 2022

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya Krisna Bayu Aji NPM 1814071063. Dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. dan Elhamida Rezkia Amien, S.TP., M.Si.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberpa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Maret 2023
Penulis,



Krisna Bayu Aji
NPM 1814071063

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di desa Gunung Batin Baru, kecamatan Terusan Nunyai, kabupaten Lampung Tengah, pada hari Selasa, 08 Juni 1999. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, putra bapak Sutrisno dan ibu Agustina, adik dari Beti Purnamasari, S.P. Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Gunung Madu lulus pada tahun 2011.

Sekolah Menengah Pertama di SMP Satya Dharma Sudjana, lulus pada tahun 2014. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Terusan Nunyai, lulus pada tahun 2017. Pada tahun berikutnya yaitu tahun 2018 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi di Organisasi Kemahasiswaan, tingkat Jurusan sebagai Anggota bidang Pengabdian Masyarakat Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode 2019, periode 2020, dan periode 2021. Ditingkat Nasional menjabat sebagai anggota bidang Informasi dan Komunikasi Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI) untuk periode 2021 – 2022.

Di bidang akademis penulis juga aktif sebagai asisten dosen mata kuliah Instrumentasi pada tahun 2020, dan asisten dosen mata kuliah Kontrol Otomatis pada tahun 2022. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada bulan Februari - Maret 2021 di desa Bandar Agung, kecamatan Terusan Nunyai, kabupaten Lampung Tengah, provinsi Lampung. Penulis melaksanakan

Praktik Umum (PU) pada tahun 2021 di Mushroom.House, kabupaten Pesawaran dengan judul “Mempelajari Proses Budidaya Jamur Merang (*Volvariella volvacea*) Dengan Menggunakan Media Tanam Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Di Kumbung Jamur Mushroom House Pesawaran” selama 40 hari pada bulan Agustus-September 2021.



Persembahan

Alhamdulillahirobbil'alamin
Dengan Mengucap Rasa Syukur Kepada ALLAH SWT
Kupersembahkan karya ini kepada :

Kedua Orangtuaku

Bapak Sutrisno dan Ibu Agustinah



SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak sekali kenikmatan, kesempatan, rahmat, dan hidayah sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Desain Rancangan Sistem Monitoring Dan Kontroling *Total Dissolved Solid* (TDS) Pada Hidroponik Nft Berbasis *Internet Of Things* (IoT) Terhadap Tanaman Selada Keriting (*Lactuca sativa* L.) ” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Sholawat serta salam tak henti hentinya penulis haturkan kepada sosok tauladan yakni Nabi Muhammad SAW, yang tentunya kita nantikan syafaatnya di hari kiamat nanti.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi
4. Ibu Elhamida Rezkia Amien, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi;
5. Bapak Ir. Budianto Lanya, M.T., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan kritik untuk perbaikan dalam penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak Sutrisno dan Ibu Agustinah yang telah mendidik, memberikan

- semangat, doa dan kepercayaan dalam menimba ilmu dibangku perkuliahan;
7. Saudara penulis yaitu kakak Beti Purnama Sari, S.P., dan Mas Fadhlil Husnansyah, S.E., yang telah memberikan semangat, doa dan dukungan kepada penulis;
 8. Sahabat penulis yaitu Maulydia Ayu Ningrum, Nasya Afra Rosalifa, Hafiz Julian Saputra, Chandra Pranata, Hendri Tri Dwika, Muhammad Fadhli Ramadhan, Rendi Amanda Berdikari, Wahyu Saputra, Anwar Sahid, Ausvin Alfitriah dan Tirta Satria Gemilang yang telah memberikan bantuan dan motivasi;
 9. Rekan - rekan PERMATEP yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuan untuk penulis;
 10. Keluarga Teknik Pertanian 2018 yang telah kebersamai dari awal sampai akhir, yang selalu memberikan semangat, bantuan dan motivasi;
 11. Serta semua pihak yang terlibat dalam proses penulisan skripsi ini;

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih belum sempurna. Karena itu, kritik dan masukan dari pembaca yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih, dan penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembacanya.

Bandar Lampung, Maret 2023
Penulis,

Krisna Bayu Aji

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Hipotesis Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Tanaman Selada	6
2.2. Syarat Tumbuh Selada Keriting Hidroponik	7
2.3. Hidroponik.....	8
2.3.1. Hidroponik NFT	8
2.3.2. <i>Total Dissolved Solid</i>	9
2.4. <i>Internet of Things</i> (IoT)	10
2.5. Mikrokontroler	10
2.5.1. Modul ESP8266	11
2.5.2. Wemos D1 R2	13
2.6. Sensor dan Aktuator	14
2.6.1. <i>Total Dissolved Solid</i> Sensor.....	15
2.6.2. Sensor Suhu Dallas DS18B20.....	17
2.6.3. Relay.....	18
2.7. Aplikasi Arduino IDE.....	19
2.8. Aplikasi Blynk.....	20
2.9. Rujukan Penelitian.....	21
III. METODOLOGI PENELITIAN	24

3.1. Waktu dan Tempat	24
3.2. Alat dan Bahan	24
3.3. Prosedur Penelitian.....	24
3.4. Kriteria Desain	26
3.5. Perancangan	26
3.5.1. Perancangan Struktural	27
3.5.2. Perancangan Sistem Transmisi Data	30
3.5.3. Perancangan Fungsional.....	31
3.5.4. Rancangan Tampilan <i>Interface</i> Blynk.....	32
3.5.5. Skematik Rangkaian.....	33
3.6. Uji Kinerja Alat.....	33
3.6.1. Uji Stabilitas.....	34
3.6.2. Respon Sistem.....	35
3.6.3. Akurasi Pengiriman Data	36
3.6.4. Uji Jarak	37
3.6.5. Kalibrasi dan Validasi	37
3.6.6. Kecepatan Pengiriman Data	38
3.6.7. Penggunaan Daya Listrik	38
3.6.8. Monitoring Pertumbuhan Tanaman	38
3.6. Analisis Data	39
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Hasil Rancangan Alat Monitoring dan Kontroling Hidroponik.....	40
4.1.1. Pembuatan PCB.....	41
4.1.2. Pemasangan Komponen	42
4.2. Kalibrasi dan Validasi Sensor TDS.....	45
4.2.1. Kalibrasi Sensor TDS.....	47
4.2.2. Validasi Sensor TDS	49
4.3. Hasil Pembacaan Mikrokontroller	50
4.4. Sistem Transmisi Data	52
4.4.1. Pengaturan <i>User Interface</i> Pada Aplikasi Blynk.....	55
4.4.2. Pengaturan Penampilan Data Pada Google <i>Spreadsheet</i>	63
4.5. Penggunaan Daya Listrik	68
4.6. Penggunaan Kuota	69
4.7. Kecepatan Pengiriman Data Internet	72
4.8. Pengujian Respon Sistem.....	74
4.9. Kecepatan Pengiriman Data pada Mikrokontroller.....	78
4.10. Pengujian Stabilitas Alat Monitoring dan Kontroling	83
4.10.1. Stabilitas Nutrisi Minggu Pertama	83
4.10.2. Stabilitas Nutrisi Minggu Kedua.....	84
4.10.3. Stabilitas Nutrisi Minggu Ketiga.....	85

4.10.4. Stabilitas Nutrisi Minggu Keempat.....	86
4.11. Pengujian Akurasi Sensor	86
4.11.1. Pengujian Akurasi Sensor Dengan Alat Konvensional.....	87
4.11.2. Pengujian Akurasi Pengiriman Data	92
4.12. Pengujian Jarak	95
4.13. Rerata Waktu Pengendalian	97
4.14. Monitoring Pertumbuhan Tanaman	99
V. KESIMPULAN DAN SARAN	106
5.1. Kesimpulan	106
5.2. Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN.....	115

DAFTAR TABEL

Tabel	Teks	Halaman
1.	Spesifikasi ESP8266	12
2.	Spesifikasi Wemos D1 R2	14
3.	Spesifikasi TDS Gravity Sensor DFRobot.....	17
4.	Rujukan Penelitian	21
5.	Koefisien korelasi.....	46
6.	Kalibrasi sensor TDS tahap pertama.....	47
7.	Kalibrasi sensor TDS tahap kedua	48
8.	Validasi sensor TDS.....	50
9.	Hasil pembacaan sensor	51
10.	Penggunaan kuota	70
11.	Percobaan kecepatan internet Untuk <i>upload</i> data	73
12.	Uji respon sistem pada alat monitoring.....	75
13.	Taraf kecepatan respon alat monitoring dan kontroling	75
14.	Uji respon sistem untuk menghidupkan pompa	76
15.	Uji respon sistem untuk mematikan pompa	77
16.	Uji akurasi pada 1 – 7 hst.....	88
17.	Uji akurasi pada 8 – 14 hst.....	89
18.	Uji akurasi pada 15 – 21 hst.....	90
19.	Uji akurasi pada 22 – 27 hst.....	91
20.	Uji akurasi pengiriman data pada aplikasi Blynk dan Google.....	92
21.	Uji akurasi pengiriman data pada Aplikasi Blynk dan LCD.....	93
22.	Uji akurasi pengiriman data pada Google <i>Spreadsheet</i> dan LCD.....	94
23.	Uji jarak kontroling untuk menghidupkan pompa	95
24.	Uji jarak kontroling untuk mematikan pompa	96

25. Rerata Waktu Pengendalian	98
26. Data pertumbuhan tinggi pada sampel tanaman selada	101
27. Data jumlah daun pada sampel tanaman selada.....	102
28. Data berat akhir dan panjang perakaran tanaman selada	103

Lampiran

29. Data Monitoring pada 500 ppm	120
30. Data Monitoring pada 700 ppm	125
31. Data Monitoring pada 900 ppm	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1.	Selada keriting hidroponik	7
2.	Skema hidroponik NFT.....	8
3.	Modul ESP 8266	11
4.	Wemos D1 R2	14
5.	TDS Gravity Sensor DFRobot	16
6.	Sensor suhu Dallas DS18B20	18
7.	Relay	19
8.	Logo aplikasi Arduino IDE.....	19
9.	Logo aplikasi Blynk.....	20
10.	Diagram alir prosedur penelitian.....	25
11.	Diagram alir sistem monitoring	28
12.	Diagram alir sistem kendali aktuator	29
13.	Diagram alir sistem kendali	29
14.	Rancangan sistem transmisi data	30
15.	Grafik sistem stabil dan tidak stabil.....	34
16.	Grafik respon sistem	35
17.	Rangkaian utuh sistem	40
18.	Layout PCB pada Aplikasi Eagle.....	41
19.	Hasil Cetakan PCB.....	42
20.	Wemos D1 R2 dan beberapa komponen lainnya	43
21.	Relay dan Terminal Block	44
22.	Lcd i ² c dan Lm2596 DC - DC <i>adjustable regulator</i>	44
23.	Kalibrasi sensor TDS	46
24.	Validasi sensor TDS.....	46

25. Grafik kalibrasi sensor TDS tahap pertama	47
26. Grafik kalibrasi sensor TDS tahap dua	49
27. Grafik validasi sensor TDS	50
28. Sistem aliran transmisi data	54
29. Tampilan Aplikasi Blynk pada App Store	56
30. Tampilan <i>Log In</i> pada Aplikasi Blynk.....	56
31. Tampilan pembuatan projek baru pada Aplikasi Blynk.....	57
32. Tampilan pemilihan projek baru dan <i>device</i> yang digunakan.....	57
33. Notifikasi email Auth Token.....	58
34. Tampilan <i>widget box</i>	58
35. Tampilan <i>widget</i> yang digunakan	59
36. Tampilan <i>widget</i> yang akan diatur	60
37. Tampilan menu pengaturan <i>widget</i>	61
38. Tampilan projek sebelum dihidupkan.....	61
39. Tampilan projek sesudah dihidupkan.....	62
40. Notifikasi ketika alat monitoring dan kontroling mati.....	62
41. Tampilan Google <i>Spreadsheet</i>	63
42. Bagian ekstensi Google <i>Spreadsheet</i>	64
43. Bagian ekstensi sebelum diedit	64
44. Bagian ekstensi sesudah diedit.....	65
45. Alamat ID Google <i>Spreadsheet</i> yang digunakan	65
46. Lokasi salinan dari alamat ID Google <i>Spreadsheet</i>	65
47. Program pengambilan data tanggal dan waktu	66
48. Program perintah perekaman data suhu dan nutrisi	66
49. Perintah untuk menerapkan program ekstensi	67
50. Halaman Deployment baru	67
51. Halaman link ID penerapan Deployment baru.....	68
52. Daya yang digunakan pada alat.....	68
53. Tarif kuota Provider Smartfren	71
54. Pilihan paket data kuota Provider Smartfren	71
55. Uji kecepatan provider melalui speedtest.net.....	72
56. Uji respon sistem.....	74

57. Potongan program pada mikrokontroler untuk semua perintah.....	79
58. Ukuran <i>bytes</i> program pada mikrokontroler untuk semua perintah.....	79
59. Potongan program mikrokontroler untuk perintah mengirim data ke aplikasi Blynk.....	80
60. Ukuran <i>bytes</i> program pada mikrokontroler untuk perintah mengirim data ke aplikasi Blynk	80
61. Potongan program pada mikrokontroler untuk perintah mengirim data ke Google <i>Spreadsheet</i>	81
62. Ukuran <i>bytes</i> program pada mikrokontroler untuk perintah mengirim data ke Google <i>Spreadsheet</i>	81
63. Potongan program pada mikrokontroler untuk perintah kontroling	82
64. Ukuran <i>bytes</i> program pada mikrokontroler untuk perintah kontroling	82
65. Grafik stabilitas nutrisi pada minggu pertama	84
66. Grafik stabilitas nutrisi pada minggu kedua	85
67. Grafik stabilitas nutrisi pada minggu ketiga	85
68. Grafik stabilitas nutrisi pada minggu keempat	86
69. Grafik pengendalian nutrisi 500 sampai 700 ppm	98
70. Grafik pengendalian nutrisi 700 sampai 900 ppm	99
71. Tanaman selada pada sistem hidroponik.....	100
72. Contoh sampel tanaman selada yang diukur.....	100
73. Grafik pertumbuhan tinggi tanaman	101
74. Grafik pertumbuhan jumlah daun	103
75. Grafik pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun pada nutrisi yang diberikan.....	104

Lampiran

76. Skematik rangkaian alat monitoring dan kontroling hidroponik	136
77. Rancangan <i>Greenhouse</i>	137
78. Rancangan sistem hidroponik	138
79. Grafik respon sistem	139
80. Grafik respon menghidupkan pompa.....	140
81. Grafik respon mematikan pompa.....	141
82. Desain layout PCB.....	142

83. Hasil layout yang sudah dipindah ke PCB.....	142
84. Pemasangan komponen ke PCB	143
85. Pengujian jarak 115 meter.....	143
86. Pengujian jarak 441 meter.....	144
87. Pengujian jarak 1,06 km.....	144
88. Pengujian jarak 2,73 km.....	145
89. Pengujian jarak 7,76 km.....	145
90. Penggunaan kuota selama 1 jam	146
91. <i>Greenhouse</i> penelitian.....	146
92. Ukuran netpot yang dipakai	147
93. Bak nutrisi hidroponik	147
94. Green house penelitian.....	148
95. Pengukuran berat sampel tanaman selada hidroponik	148
96. Tanaman selada hidroponik	149
97. Pengukuran air nutrisi dengan tds meter	149
98. Pompa air penambah nutrisi.....	150
99. Kotak panel	150
100. Pengukuran tinggi tanaman.....	151
101. Menghitung jumlah daun	151

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman hortikultura merupakan salah satu bahan pokok kebutuhan manusia untuk dapat menjalankan beberapa aktifitas sehari-hari. Tanaman hortikultura seperti sayuran merupakan jenis tanaman yang kaya akan serat dan beberapa zat-zat lainnya yang diperlukan manusia. Salah satu jenis tanaman hortikultura yang mudah dibudidayakan adalah tanaman selada. Selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan salah satu jenis tanaman hortikultura yang memiliki prospek dan mengomersialkan. Hal ini didukung dengan jumlah permintaan pada pasarnya yang stabil, sehingga untuk resiko pada kerugiannya sangat kecil. Menurut Almatsier (2004) selada memiliki kandungan mineral yang tinggi sehingga baik untuk tubuh manusia. Mineral yang terkandung pada selada adalah K, Na, Mg, Ca, F, zat besi, vitamin A, B, dan C. Semua mineral yang terkandung pada sebuah tanaman selada tersebut merupakan beberapa jenis mineral yang diperlukan bagi tubuh manusia karena merupakan jenis mineral makro. Masa panen untuk tanaman selada dapat terhitung cukup pendek, karena setelah 35 hari sesudah tanam (hst) tanaman selada yang telah ditanam sudah dapat dipanen. Selain itu juga terdapat kemudahan pada proses budidaya sehingga tanaman selada juga banyak dijadikan sebagai peluang usaha pada bisnis pertanian sistem hidroponik maupun pada lahan pertanian.

Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Wibowo (2013) mengemukakan bahwa hidroponik merupakan salah satu terobosan bagi dunia pertanian yang dapat memudahkan masyarakat untuk bisa membudidayakan tanaman pada ruang atau lahan yang kecil dan tidak memerlukan lahan berupa media tanah sebagai media tanam tanaman hortikultura. Selain dapat meminimalisasi dampak yang

disebabkan oleh keterbatasan iklim, hidroponik juga dapat mengatasi masalah pada lahan yang tidak luas dengan kondisi tanah kritis, hama dan penyakit yang tidak terkendali, keterbatasan jumlah air irigasi, sehingga bisa ditanggulangi dengan menggunakan sistem hidroponik. Proses budidaya tanaman melalui sistem hidroponik dapat dilakukan dengan memberikan campuran nutrisi ke dalam air yang menjadi sumber nutrisi bagi tanaman agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik sampai masa panen. Budidaya hidroponik memiliki beberapa sistem yang dapat digunakan antara lain *Wick*, *Drip (recovery* atau *non-recovery)*, *Nutrient Film Technique (NFT)*, dan *Aeroponik*.

Suatu sistem hidroponik memerlukan perhatian khusus untuk menjaga nutrisi bagi tanaman. Proses pengendalian dari nutrisi tersebut dapat dilakukan dengan bantuan dari mikrokontroler yang dihubungkan dengan beberapa sensor dan aktuator. Mikrokontroler merupakan kumpulan dari beberapa komponen elektronika yang dirangkai menjadi satu sebagai *chip ic* yang dapat diberi program sesuai dengan kebutuhan bagi pengguna atau *user*. Seiring perkembangan jaman mikrokontroler mengalami banyak perkembangan dari segi ukuran, banyaknya komponen, dan masih banyak lagi. Perkembangan dari mikrokontroler ini terjadi karena kebutuhan manusia yang semakin kompleks dan kebutuhan akan alat bantu untuk memudahkan pekerjaan manusia. Terdapat 3 jenis mikrokontroler yaitu MCS51, AVR, dan PIC. Salah satu jenis mikrokontroler yang paling banyak digunakan adalah jenis mikrokontroler AVR (Susnea, 2005). Mikrokontroler Wemos D1 R2 merupakan salah satu jenis dari beberapa macam mikrokontroler yang mampu membantu pekerjaan manusia dalam hal otomatisasi dan yang lainnya. Kelebihan dari mikrokontroler Wemos D1 R2 ini adalah *chip* ESP8266 yang terdapat pada *board* sehingga dapat langsung digunakan untuk kebutuhan proyek IoT. Selain itu juga bentuk dari Wemos D1 R2 hampir menyerupai Arduino Uno. Bentuk tersebut dapat memudahkan untuk pembuatan pcb melalui aplikasi Eagle karena masih minim *library* untuk tiap – tiap bagian elektronik.

Selain perkembangan pada mikrokontroler, terdapat pula Blynk yang merupakan *platform* untuk aplikasi dengan perangkat *Operational System (OS)* melalui

mobile gadget seperti iOS dan Android sehingga dapat berguna untuk mengendalikan module Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan modul sejenisnya melalui internet. Penelitian Berlianti dkk. (2020) mengatakan bahwa aplikasi Blynk ini merupakan aplikasi yang dapat digunakan untuk membuat sebuah *interface* grafis pada suatu proyek *Internet of Things* (IoT) yang akan diimplementasikan dengan metode *drag and drop widget logo* atau dapat diartikan kita hanya menarik dan meletakkan *widget* pada *interface* proyek IoT kita. Aplikasi Blynk merupakan aplikasi yang tidak terikat dengan papan atau module tertentu. Melalui aplikasi ini kita dapat memonitoring dan mengontrol proyek apapun dari jarak jauh, dimanapun pengguna (*user*) berada dan waktu kapanpun dengan catatan perangkat dan proyek IoT kita terhubung dengan internet yang memiliki koneksi stabil dan inilah mengapa dinamakan dengan sistem IoT.

Masalah yang dihadapi ketika budidaya tanaman selada melalui sistem hidroponik secara manual adalah tingkat nutrisi yang diberikan kurang tepat dan dapat berubah-ubah ketika memberikan nutrisi setiap harinya. Selain itu juga sistem hidroponik yang digunakan oleh para petani hidroponik mempunyai resiko, misalnya ketika petani sedang tidak berada di lokasi hidroponik sehingga sistem hidroponik kurang termonitoring dan terkedali. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan teknologi dalam hal otomatisasi pada jaman ini. Tujuan utama dari pemanfaatan ini adalah memudahkan petani serta terbatasnya jam kerja yang mampu dilakukan oleh petani. Hal tersebut dapat menjadi alasan kenapa diperlukannya sistem hidroponik yang dapat bekerja secara otomatis dan mampu digerakan atau difungsikan dari jarak jauh agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik sampai masa panen tiba.

Penelitian ini akan membuat suatu alat otomatis agar dapat menampilkan hasil monitoring nutrisi hidroponik pada tanaman serta dapat dikendalikan untuk pemberian nutrisinya dari jarak jauh dengan menggunakan aplikasi Blynk. Adanya sistem hidroponik NFT berbasis *Internet of Things* dengan mikrokontroler Wemos R1 D2 dan aplikasi Blynk dapat mempermudah bagi petani hidroponik maupun masyarakat yang memiliki sistem hidroponik dalam

monitoring nutrisi yang diperlukan oleh tanaman. Sistem hidroponik yang dirancang memiliki kemampuan untuk mengambil data nutrisi secara *realtime* sehingga nutrisi yang diperlukan oleh tanaman dapat terjaga sampai masa panen tiba.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut ada beberapa masalah yang perlu dirumuskan yaitu:

1. Bagaimana cara merangkai sistem hidroponik dengan menggunakan mikrokontroller dan aplikasi Blynk ?
2. Bagaimana cara membuat *interface* yang dapat terintegrasi oleh mikrokontroller yang mendukung sistem *Internet of Things* (IoT) ?
3. Bagaimana hasil rancangan sistem akuisisi data monitoring pada tanaman selada secara otomatis ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan desain rancangan monitoring dan kontroling nutrisi sistem hidroponik, melakukan kalibrasi beserta validasi untuk sensor TDS, serta menghubungkan alat menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R2.
2. Melakukan pengujian pada alat monitoring dan kontroling nutrisi hidroponik menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R2.
3. Mengetahui keterkaitan antara alat monitoring dan kontroling dengan hidroponik serta tanaman yang digunakan pada penelitian.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil alat berupa rangkaian sistem hidroponik

2. Pelaksanaan uji kinerja pada sistem hidroponik meliputi uji stabilitas, respon sistem, dan akurasi pengiriman data.
3. Parameter lain seperti perawatan dan pemantauan perkembangan tanaman tidak dilakukan pada penelitian ini.
4. Sensor yang digunakan adalah sensor TDS Gravity Meter dan sensor suhu air Dallas DS18B20.
5. Bahasa yang digunakan pada penelitian ini adalah Bahasa C dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE

1.5. Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah penggunaan alat sistem monitoring dan kontroling hidroponik pada tanaman selada keriting dengan menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R2 dapat terhubung pada aplikasi pendukung IoT seperti Blynk sehingga dapat menampilkan hasil pembacaan sensor serta melakukan pengendalian nutrisi pada hidroponik. Selain itu juga dapat memaksimalkan pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman yang dibudidayakan.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah dapat memberikan kontribusi pada ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya pada peningkatan budidaya hidroponik pada tanaman hortikultura yang berbasis kontrol otomatis dengan mikrokontroler Wemos D1 R2 dan penggunaan *Internet of Things* pada suatu sistem hidroponik. Harapannya penggunaan dari sistem hidroponik ini dapat membantu petani maupun masyarakat yang ingin memiliki sebuah sistem hidroponik yang dapat termonitor dengan baik secara *real time*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Selada

Selada keriting (*Lactuca sativa* L.) merupakan tanaman hortikultura yang asli dari lembah Medeterania Timur. Pernyataan tersebut memiliki bukti berupa lukisan pada sebuah makam Mesir kuno yang menampilkan bahwa Selada keriting (*Lactuca Sativa* L.) telah ditanam sejak 45000 SM. Pada awalnya tanaman ini digunakan sebagai bahan obat-obatan dan pembuatan minyak karena memiliki biji yang dapat juga dimakan seperti yang di kemukakan oleh Cahyono (2005).

Selada keriting merupakan jenis tanaman hortikultura yang dapat ditanam oleh masyarakat baik dengan sistem hidroponik maupun non-hidroponik. Menurut Prakoso (2010) menanam selada keriting secara non-hidroponik sudah banyak dilakukan oleh petani, sedangkan budidaya dengan hidroponik merupakan metode bercocok tanam yang beberapa tahun ini mulai banyak digemari dan dibudidayakan oleh masyarakat umum maupun petani. Bentuk dari tanaman selada keriting ini di tampilkan pada Gambar 1.

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub Divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Asterales
Famili : Asteraceae
Genus : Lactuce
Spesies : *Lactuca sativa* L.



Gambar 1. Selada keriting hidroponik.

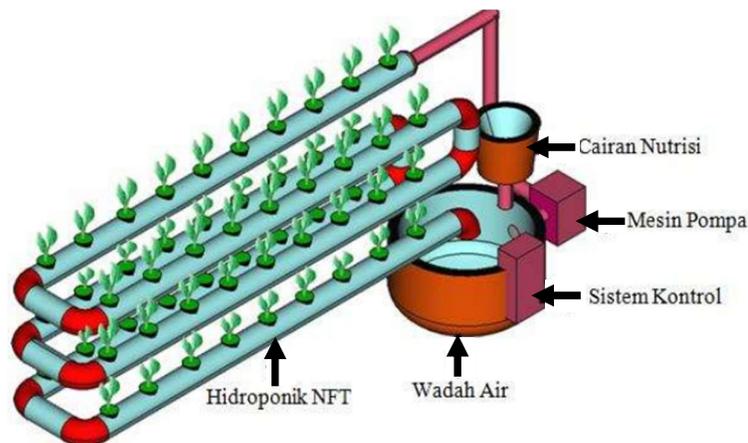
2.2. Syarat Tumbuh Selada Keriting Hidroponik

Pada sebuah penelitian yang dilakukan oleh Adimihardja dkk (2013), tanaman selada keriting memiliki syarat tumbuh agar mendapatkan hasil yang baik pada proses pertumbuhan hingga panen salah satunya adalah tempat pertumbuhan selada sebaiknya dilakukan pada daerah yang mempunyai udara sejuk (dataran tinggi). Selada keriting jika ditanam pada daerah yang merupakan dataran rendah akan memerlukan pemeliharaan yang terbilang cukup intensif karena tidak dapat terkena sinar matahari secara langsung, sehingga memerlukan tempat yang teduh dan tidak terkena sinar matahari langsung.

Daerah yang sesuai untuk menanam selada keriting adalah di ketinggian permukaan tanah kisaran 500 sampai dengan 2000 meter diatas permukaan laut dengan suhu lingkungan sekitar 15°C hingga 20°C . Kelembapan tempat budidaya yang diperlukan oleh selada keriting adalah sekitar 60 sampai dengan 100% dan pH yang diperlukan tanaman selada keriting berkisar antara 6,5 - 7 (netral). Bila pH terlalu asam, helai selada keriting akan berubah warna menjadi kuning. Penggunaan nutrisi saat selada berumur 1 - 7 hst adalah sekitar 500 *Parts Per Million* (PPM). Kemudian saat selada berumur 8 - 14 hst, dosis nutrisi dinaikan menjadi 700 PPM. Saat selada berumur 15 - 21 hst, naikan lagi dosis nutrisi menjadi 900 PPM dan saat selada berumur 22 hst hingga panen, dosis yang diperlukan tetap pada 900 PPM.

2.3. Hidroponik

Hidroponik merupakan sebuah istilah yang berasal dari serapan bahasa latin yang terbagi antara *hydro* yang berarti air dan *ponous* yang berarti kerja, sehingga jika kedua istilah itu disatukan menjadi *hydroponic* yang memiliki arti bekerja dengan air. Dari istilah tersebut dapat dikatakan bahwa hidroponik merupakan suatu bentuk budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah tetapi dapat menggunakan beberapa media tanam seperti pasir, krikil, maupun pecahan genteng yang diberi larutan nutrisi tanaman yang memiliki kandungan beberapa elemen esensial yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan pada hasil tanaman (Lingga, 2005). Bentuk dari skema sistem hidroponik NFT ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema hidroponik NFT.

(Sumber : Manik dkk, 2019)

2.3.1. Hidroponik NFT

Zaman modern ini terdapat berbagai macam metode dalam pengairan nutrisi tanaman hidroponik, salah satunya adalah metode *Nutrient Film Technique* (NFT). NFT merupakan metode budidaya hidroponik yang dilakukan dengan meletakkan akar tanaman hortikultura pada lapisan air yang dangkal. Air yang berisi nutrisi tersebut tersirkulasi pada sistem hidroponik dan memiliki kandungan

nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan pada tanaman hortikultura. Teknik NFT merupakan salah satu metode hidroponik yang memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi dan banyak digunakan karena memiliki tingkat efisiensi yang tinggi juga (Rosliani, 2005). Selain dari proses itu, lahan tanam yang digunakan untuk teknik NFT tidak mudah untuk rusak, rangkaian yang sangat mudah dibersihkan karena rangkaiannya terbuat dari pipa plastik PVC, selain itu juga rangkaiannya dapat dikonfigurasi sebagai sistem penyiraman yang tidak mengambil kembali kelebihan aliran larutan hara (*drain to wash*) maupun sistem penyiraman yang mensirkulasikan kembali kelebihan larutan hara (*aquaponic*) (Rosliani, 2005).

Kelebihan pada sistem NFT ini adalah pengendalian dari perawatan tanaman yang mudah, kebutuhan air untuk tanaman hidroponik dapat terpenuhi dengan cukup, nutrisi yang seragam dan tingkat konsentrasi dari larutan nutrisi dapat disesuaikan dengan umur serta jenis tanaman, dan yang pasti tanaman dapat diusahakan untuk dipanen dengan periode yang pendek. Selain itu terdapat kekurangan pada sistem NFT ini adalah biaya yang relatif besar untuk penanganan serta perlakuan pada tanaman dan yang pasti pada sistem NFT ini memerlukan pompa yang hidup secara terus menerus sehingga dapat membuat biaya listrik menjadi lebih besar (Hendra, 2014).

2.3.2. Total Dissolved Solid

Total Dissolved Solid (TDS) atau padatan terlarut merupakan beberapa padatan mineral yang memiliki ukuran lebih kecil dari jenis padatan tersuspensi. Jumlah bahan yang terlarut pada perairan alami tidak bersifat racun (*toxic*), akan tetapi jika jumlah padatan tersebut berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan (*turbidity*) yang dapat menghambat penetrasi atau merambatnya cahaya matahari ke dalam air dan akhirnya mempengaruhi proses fotosintesis yang terdapat diperairan. Besar tingginya kadar TDS jika tidak dikelola dan diolah dengan baik dapat mencemari badan air pada perairan. Selain dari itu juga tingginya kadar TDS dapat mematikan kehidupan dari sebuah perairan, dan memiliki efek samping yang kurang baik pada kesehatan manusia karena terdapat beberapa

kandungan bahan kimia yang memiliki jumlah konsentrasi padatan yang tinggi seperti fosfat, surfaktan, ammonia, dan nitrogen serta jumlah kadar padatan tersuspensi maupun terlarut, kekeruhan, BOD5, dan COD yang tinggi (Ahmad and El-Dessouky, 2008).

2.4. *Internet of Things (IoT)*

IoT atau *Internet of Things* merupakan sebuah sensor atau gabungan beberapa sensor, komputasi dan perangkat digital yang mampu terhubung dengan baik satu sama lain dan dapat berkomunikasi (Gupta, 2019). IoT dapat diartikan sebagai kemampuan berbagai *device* atau perangkat yang mampu saling terhubung dan dapat bertukar data melalui jaringan internet. IoT merupakan suatu teknologi masa kini yang dapat memungkinkan adanya sebuah pengendalian, komunikasi, kerjasama antar berbagai perangkat keras, data melalui jaringan internet. Dari hal itu dapat dikatakan bahwa *Internet of Things (IoT)* adalah sebuah rangkaian alat yang berjalan ketika kita menyambungkan sesuatu (*things*) dan tidak dioperasikan secara langsung oleh manusia, ke internet (Hardyanto, 2017).

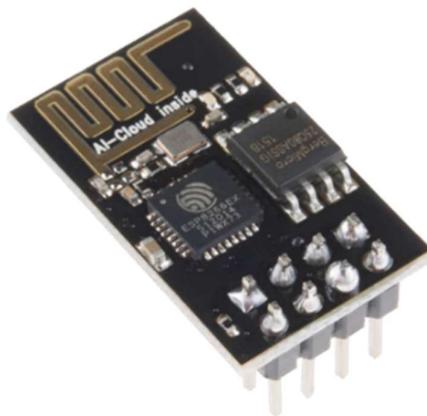
2.5. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem mini komputer yang lengkap (*special purpose computers*) pada sebuah IC terdapat CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, *Port input/output*, ADC. Mikrokontroler dapat digunakan untuk melakukan suatu tugas dan mampu menjalankan suatu program yang dibentuk oleh *user*. Mikrokontroler dapat dikatakan lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena dalam sebuah mikrokontroler sudah terdapat atau berisikan RAM (*Read-Write Memory*), ROM (*Read-Only Memory*), beberapa perangkat masukan (*Input*) maupun keluaran (*Output*), dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan beberapa serial komunikasi (Heri, 2012). Program atau syntax yang disusun pada sebuah mikrokontroler dapat berfungsi untuk mengolah

masuk (*Input*) menjadi keluaran (*Output*) yang diinginkan seperti besaran tegangan, sinyal, lampu, suara, gerakan, getaran, dan sebagainya (Saftari, 2015).

2.5.1. Modul ESP8266

Menurut Arafat (2016), ESP 8266 adalah sebuah chip mikrokontroler yang sudah lengkap dengan perangkat seperti processor, memori dan juga akses ke GPIO. Perangkat pendukung ini menyebabkan ESP8266 dapat dikatakan secara langsung menggantikan kerja dari sebuah Arduino dan ditambah lagi dengan kemampuannya yang dapat digunakan untuk mensupport koneksi *WiFi* secara langsung. Modul ESP8266 adalah sebuah modul *WiFi* yang dapat berfungsi sebagai modul tambahan untuk digunakan pada mikrokontroler seperti beberapa jenis Arduino dan mampu untuk terhubung langsung kedalam sebuah jaringan *WiFi* untuk membuat koneksi TCP/IP. Modul *WiFi* serbaguna ini sudah dapat menjadi sebuah *System on Chip* (SoC). Cara penggunaan modul ini dapat digunakan secara langsung untuk memprogram tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan. Selain itu, ESP8266 ini dapat berfungsi sebagai titik akses acak dan klien. Bentuk dari modul ESP8266 ini dapat dilihat pada Gambar 3 dengan beberapa spesifikasi modul ESP8266 yang ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Modul ESP 8266

(Sumber : Ardutech, 2019)

Tabel 1. Spesifikasi ESP8266

No	Bagian	Keterangan
1	802.11 b/g/n	<i>Support</i>
2	<i>Integrated low power 32-bit MCU</i>	<i>Support</i>
3	<i>Integrated 10-bit ADC</i>	<i>Support</i>
4	<i>Integrated TCP/IP protocol stack</i>	<i>Support</i>
5	<i>Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network</i>	<i>Support</i>
6	<i>Integrated PLL, regulators, and power management units</i>	<i>Support</i>
7	<i>Supports antenna diversity</i>	<i>Support</i>
8	WiFi 2.4 GHz, support WPA/WPA2	<i>Support</i>
9	<i>Support STA/AP/STA+AP operation modes</i>	<i>Support</i>
10	<i>Support Smart Link Function for both Android and iOS devices</i>	<i>Support</i>
11	SDIO 2.0, (H) SPI, UART, i ² c, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO	<i>Support</i>
12	STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO	<i>Support</i>
13	<i>A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4s guard interval</i>	<i>Support</i>
14	<i>Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA</i>	<i>Support</i>
15	<i>Wake up and transmit packets in < 2ms</i>	<i>Support</i>
16	<i>Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)</i>	<i>Support</i>
17	<i>+20 dBm output power in 802.11b mode</i>	<i>Support</i>
18	<i>Operating temperature range -40C ~ 125C</i>	<i>Support</i>
19	FCC, CE, TELEC, WiFi Alliance, and SRRC certified	<i>Support</i>

(Sumber: Ardutech, 2019)

2.5.2. Wemos D1 R2

Menurut penelitian Nurul (2018) mengatakan bahwa Wemos D1 R2 merupakan salah satu jenis Arduino yang *compatible development board* yang dapat digunakan khusus pada keperluan projek IoT. Wemos ini menggunakan *chip* SoC *WiFi* yang beredar secara umum yaitu ESP8266. Banyak dari modul *WiFi* yang sama sama menggunakan SoC ESP8266 seperti Wemos ini. Berikut ini adalah kelebihan dari Wemos :

1. Dapat diprogram dengan aplikasi Arduino IDE dengan syntax program beserta *library* yang terdapat banyak di forum Arduino di internet.
2. Pin yang *compatible* atau hampir sama dengan Arduino UNO. Pada Wemos D1 R2 ini memiliki bentuk serta pinout *standar* seperti milik Arduino UNO.
3. Wemos dapat berjalan dengan sendiri atau *running stand alone* tanpa perlu terhubung pada sebuah mikrokontroler karena didalam Wemos ini terdapat CPU yang dapat diberi program melalui Serial *port* maupun via OTA (*Over The Air*) atau proses transfer program secara nirkabel.
4. Wemos memiliki *High Frequency* CPU, dengan memiliki *processor* sekitar 32bit dengan kecepatan 80MHz sehingga dapat dikatakan bahwa Wemos ini dapat mengeksekusi program lebih cepat dibandingkan mikrokontroler dibawahnya yang sekitar 8bit.
5. Terdapat dukungan *High Level Language*, sehingga selain dapat diprogram melalui Arduino IDE, Wemos juga dapat deprogram melalui Bahasa Python dan Lua yang dapat memudahkan bagi *network programmer* yang belum terbiasa menggunakan program Arduino.

Spesifikasi yang terdapat dalam Mikrokontroler Wemos D1 R2 ini dapat ditampilkan pada Tabel 2 dengan bentuk yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Spesifikasi Wemos D1 R2

No	Bagian	Keterangan
1	Mikrokontroler	ESP 8266
2	Tegangan pengoperasian	3.3V dan 5V
3	Digital I/O Pins	11 pin (D0 – SCK/D5)
4	Analog Input Pins	1 pin (A0)
5	Tipe Konektor	Micro USB
6	Flash Memory	4 MB
7	Dimensi	7cm x 5,4cm x 1,5cm
8	Clock speed	80 Mhz / 160 Mhz

(Sumber: Nurul, 2018)



Gambar 4. Wemos D1 R2

(Sumber : Andy, 2019)

2.6. Sensor dan Aktuator

Sensor merupakan sebuah transduser yang dapat berfungsi untuk mengolah variasi gerak, panas, cahaya atau sinar, magnetis, dan kimia yang menjadi tegangan serta arus listrik. Sensor sendiri adalah komponen paling penting pada peralatan elektronik. Sensor dapat berfungsi sebagai alat yang dapat mendeteksi serta untuk mengetahui besar magnitudo. Transduser dapat berarti sebagai mengubah yang merupakan resapan dari bahasa latin *traducere*. Bentuk dari perubahan yang dimaksud adalah kemampuan suatu alat yang dapat merubah

suatu energi kedalam bentuk energi yang lain. Energi yang diolah berfungsi sebagai alat penunjang dari piranti atau peralatan yang menggunakan sensor tersebut. Sensor dapat digunakan sebagai alat tambahan untuk mendeteksi energi yang diukur. Sensor yang umum digunakan pada rangkaian elektronik antara lain sensor cahaya, sensor suhu, sensor tekanan, dan masih banyak lagi (Situmorang, 2018).

Aktuator merupakan sebuah Transduser yang sistem kerjanya berlawanan dengan sensor. Fungsi utama pada sensor adalah mengubah energi non-listrik menjadi listrik, sedangkan Aktuator bekerja mengubah energi listrik menjadi non-listrik. Energi non-listrik yang dikeluarkan Aktuator bisa berupa gerakan, cahaya, bunyi, dll (Artanto, 2017).

2.6.1. Total Dissolved Solid Sensor

Terdapat beberapa faktor yang diperlukan untuk menentukan kelayakan air, salah satu faktor penting itu adalah jumlah kandungan *Total Dissolved Solid* (TDS) dalam air. TDS merupakan banyaknya jumlah material yang terlarut di dalam air. Material ini seperti karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik, senyawa koloid dan lain-lain (WHO, 2003). Kandungan dari banyaknya TDS dapat digunakan untuk memperkirakan jenis beserta tingkat kualitas air minum, karena TDS ini mewakili banyaknya jumlah ion yang terlarut di dalam air. Nilai baku mutu air terhadap parameter uji TDS yang diperbolehkan menurut standar nasional adalah 1000 mg/L (Kementerian Kesehatan, 2010).

Sensor TDS yang digunakan pada penelitian ini adalah Sensor Konduktivitas pabrikan dari DFRobot. Sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi banyaknya TDS di dalam air nutrisi pada sebuah sistem hidroponik. Sensor ini menggunakan metode *Electrical Conductivity*, dengan dua buah *probe* (elektroda) yang dihubungkan untuk mendapatkan besaran nilai konduktansi pada larutan yang akan diukur. *Probe* tersebut diberi beda potensial listrik (berbentuk sinusoida) sehingga akan mengalir arus listrik. Konduktansi pada suatu larutan akan

sebanding dengan ion – ion yang terdapat dalam larutan tersebut. Kemudian rangkaian pemroses sinyal yang memberikan sumber tegangan AC konstan pada probe akan mengkonversi nilai konduktansi menjadi tegangan (Martani dkk., 2014). Bentuk dari sensor TDS pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 5 dengan spesifikasi sensor yang dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 5. TDS Gravity Sensor DFRobot
(Sumber : DFRobot, 2021)

Tabel 3. Spesifikasi TDS Gravity Sensor DFRobot

<i>Signal Transmitter Board</i>		
No.	Bagian	Keterangan
1.	<i>Input Voltage</i>	3.3 ~ 5.5V
2.	<i>Output Voltage</i>	0 ~ 2.3V
3.	<i>Working Current</i>	3 ~ 6mA
4.	<i>TDS Measurement Range</i>	0 ~ 1000ppm
5.	<i>TDS Measurement Accuracy</i>	± 10% F.S. (25 °C)
6.	<i>Module Size</i>	42 * 32mm
7.	<i>Module Interface</i>	PH2.0-3P
8.	<i>Electrode Interface</i>	XH2.54-2P
<i>TDS probe</i>		
No.	Bagian	Keterangan
1.	<i>Number of Needle</i>	2
2.	<i>Total Length</i>	83cm
3.	<i>Connection Interface</i>	XH2.54-2P
4.	<i>Color</i>	Black
5.	<i>Other</i>	<i>Waterproof Probe</i>

(Sumber: DFRobot, 2021)

2.6.2. Sensor Suhu Dallas DS18B20

Penelitian Purwantiningsih (2018), melakukan percobaan dengan menggunakan sensor *temperature* berjenis sensor DS18B20 yang dikeluarkan oleh Dallas Semiconductor. DS18B20 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang memiliki *output digital* sehingga tidak memerlukan sebuah rangkaian ADC. Bentuk fisik dari sensor DS18B20 ini dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini. Jenis sensor suhu ini memiliki tiga pin yang terdiri dari pin GND yang merupakan pin *ground*, pin DQ sebagai pin pembacaan data yang berasal dari *input* atau sumber data, dan pin VDD sebagai sumber tegangan dari sensor. Sensor suhu DS18B20 yang digunakan pada alat ini memerlukan sumber pendayaan dari luar, sumber pendayaan atau *power supply* tersebut dapat disalurkan melalui pin VDD, dari

sumber tegangan tersebut sensor DS18B20 membutuhkan daya yang berkisar antara 3,0 V sampai 5,5 V. Penelitian ini menggunakan jenis sensor suhu dallas DS18B20 yang ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sensor suhu Dallas DS18B20

(Sumber : Ardutech, 2019)

2.6.3. Relay

Penelitian dari Turang (2015) menyebutkan bahwa relay merupakan sebuah komponen elektronika yang dapat berfungsi sebagai saklar elektronik yang mampu digerakkan oleh arus listrik. Relay memiliki prinsip kerja dengan menggunakan tuas saklar dan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika bagian solenoid teraliri arus listrik, tuas pada relay akan tertarik karena muncul gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga dapat menyebabkan kontak saklar akan menutup. Saat arus listrik di hentikan, gaya magnet akan menghilang, lalu tuas pada relay kembali pada posisi awal dan kontak pada saklar menjadi terbuka. Pada umumnya relay dapat digunakan untuk menggerakkan sebuah arus / tegangan yang besar seperti peralatan elektronika dengan 4 Ampere atau tegangan AC 220 V atau juga peralatan elektronika yang memakai arus / tegangan yang kecil misalnya 0,1 Ampere atau tegangan DC 12 Volt. Bentuk dari relay yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Relay
(Sumber : Novriyandi. 2020)

2.7. Aplikasi Arduino IDE

Perangkat lunak atau *software IDE (Integrated Development Environment)* pada Arduino merupakan sebuah aplikasi perangkat lunak yang dapat berfungsi mencakup proses pada aplikasi seperti *editor*, *compiler*, dan *uploader* yang dapat menggunakan semua seri modul keluaran dari arduino, seperti Arduino Duemilanove, Uno, Bluetooth, Mega. Namun ada beberapa tipe board yang diproduksi oleh Arduino tidak dapat menggunakan aplikasi Arduino IDE seperti beberapa tipe board yang memakai mikrokontroler selain seri AVR, seperti mikroprosesor ARM. *Editor sketch* pada aplikasi Arduino IDE juga dapat mendukung fungsi dari penomoran baris, *syntax highlighting*, yaitu pengecekan sintaksis kode sketch (Situmorang, 2018). Pada penelitian ini menggunakan aplikasi Arduino IDE versi 1.6.12 yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Logo aplikasi Arduino IDE
(Sumber : Arduino, 2022)

2.8. Aplikasi Blynk

Penelitian yang dilakukan oleh Arafat (2016) menyatakan bahwa Blynk merupakan sebuah aplikasi yang dapat digunakan atau kompatibel dengan berbagai jenis proyek IoT sehingga dapat dirancang untuk membuat *remote control* dan pembacaan data sensor yang membaca data dari perangkat mikrokontroler seperti arduino ataupun modul ESP8266 dengan cepat dan mudah. Blynk dapat menjadi sebuah solusi pada suatu proyek IoT yang mampu memangkas penggunaan waktu dan sumber daya ketika membuat sebuah aplikasi. Masalah umum yang muncul bagi pengguna baru yang belum mengetahui tentang cara penggunaan aplikasi Blynk ini adalah proses pembuatan *coding* atau *syntax* dan jaringan. Aplikasi Blynk ini diciptakan untuk menghapus proses pembuatan *coding* yang panjang pada perangkat mikrokontroler yang digunakan oleh *user*, dan dapat membuat suatu proyek yang dapat diakses melalui berbagai perangkat atau *device* dari mana saja. Blynk merupakan aplikasi yang dapat diunduh secara gratis untuk digunakan bagi para penggemar dan *developer* aplikasi, aplikasi Blynk ini juga dapat digunakan untuk hal yang komersial. Penelitian ini menggunakan aplikasi Blynk yang ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Logo aplikasi Blynk
(Sumber : Blynk, 2022)

2.9. Rujukan Penelitian

Rujukan penelitian ini digunakan sebagai bahan informasi tambahan untuk mendukung dan berkaitan dengan penelitian sehingga dapat membantu pada saat proses pencarian literasi yang mendukung untuk proses penelitian. Berikut ini rujukan penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rujukan Penelitian

No.	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
1	Sepriyawan (2018)	Perancangan Dan Analisis Pengaruh Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i> Terhadap Penggunaan Daya Pada Sistem <i>Robot Mobil Line Follower</i>	Penelitian ini menghasilkan data penggunaan sistem kendali <i>fuzzy</i> pada <i>robot mobil line follower</i> dengan memiliki hasil respon sistem yang lebih cepat dibandingkan kendali konvensional. Kendali <i>fuzzy</i> memiliki keunggulan pada lintasan berbelok, sedangkan sistem kendali PID unggul pada kestabilan sistem untuk mempertahankan <i>setpoint</i> . Penggunaan kendali <i>fuzzy</i> dan PID memiliki respon cepat 2-4 detik dibandingkan kendali konvensional, sehingga mempercepat waktu dan menghemat energi dari robot mobil.
2	Prasetyo (2017)	Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis Ph Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Mikrokontroler	Hasil penelitian ini adalah menghasilkan alat kontrol otomatis pH dengan nilai R^2 sebesar 0,99 nilai error menggunakan uji RMSE sebesar 0,16 untuk suhu dan 0,41 untuk pH. Pada pengujian menghasilkan tingkat keakuratan sebesar 95,71%, rerata waktu pengendalian selama 3 menit 2 detik, kinerja alat yang stabil, respon sistem selama 10 menit 39 detik untuk menaikkan pH dan 22 menit 24 detik untuk menurunkan pH dari kondisi awal.

No.	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
3	Arafat (2016)	Sistem Pengamanan Pintu Rumah Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) Dengan Esp8266	Penelitian ini menghasilkan sistem pengaman pintu pada rumah berbasis IoT dengan bantuan dari esp8266. Alat yang dihasilkan mampu membuka dan menutup pintu secara otomatis dengan aplikasi Blynk. Alat tersebut dapat memeriksa keadaan pintu dan keadaan solenoid dengan pemberitahuan notifikasi melalui Blynk.
4	Gunawan (2020)	Prototipe Penerapan <i>Internet of Things</i> (IoT) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk	Pada penelitian ini dihasilkan alat prototipe yang dapat mengontrol ketinggian air dengan IoT. Hasil pembacaan sensor pada prototipe dapat ditampilkan melalui aplikasi Blynk dan juga terdapat notifikasi atau pemberitahuan bagi pengguna bila air habis.
5	Handi (2019)	Sistem Pemantauan Menggunakan Blynk dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Jamur Dengan Metode Logika <i>Fuzzy</i>	Pada penelitian ini menghasilkan sistem monitoring dan penyiraman pada tanaman jamur. Perangkat pengendali tersebut memiliki rata-rata <i>error</i> 4,07%. Pengguna dapat memantau data melalui LCD dan aplikasi Blynk. Perbandingan penyiraman metode logika <i>fuzzy</i> dengan penyiraman manual diperoleh presentase error sebanyak 16,66%.
6	Prayitno (2017)	Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan Blynk Android	Penelitian ini menghasilkan sistem penyiraman hidroponik otomatis dengan waktu yang dapat ditentukan. Pada pengujian alat terdapat delay sekitar 1-2 menit saat penerimaan perintah dari aplikasi ke alat penyiram dikarenakan penerimaan data pada alat 1242ms. Alat ini dilengkapi modul ethernet shield dan terhubung pada router.

No.	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
7	Perteka (2020)	Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis <i>Internet of Things</i>	Penelitian ini menghasilkan sistem kontrol dan monitoring tanaman hidroponik aeroponik berbasis IoT. Pengguna dapat controlling setiap kondisi yang dibutuhkan pada tanaman seperti penyiraman, suhu, pencahayaan, nilai tds, dan ph.
8	Buana (2019)	Sistem Pemantauan Tanaman Sayur Dengan Media Tanam Hidroponik Menggunakan Arduino	Penelitian ini menghasilkan sistem pemantauan tanaman sayur hidroponik yang dapat berfungsi dengan baik. Sistem pemantauan tanaman sayur ini dapat menstabilkan tingkat keasaman pada cairan nutrisi dengan bantuan fungsi logika pH UP dan pH DOWN.
9	Manik (2019)	Sistem Otomasi Pada Tanaman Hidroponik NFT Untuk Optimalisasi Nutrisi	Penelitian ini menghasilkan sistem otomasi nutrisi hidroponik yang mampu mengontrol pemberian nutrisi. Pemberian nutrisi bergantung pada jenis dan usia tanaman agar tercukupi. Persentase keakuratan sistem dalam mengukur perubahan ppm pada tanaman adalah sekitar 99%.
10	Setiawan (2018)	Penggunaan <i>Internet of Things</i> (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem mantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik	Penelitian ini menghasilkan alat sistem pemantauan dan pengendalian <i>smart</i> hidroponik melalui web <i>server</i> ThingSpeak atau aplikasi pada <i>smartphone</i> . Transmisi data pada ThingSpeak dengan aplikasi menggunakan sistem <i>half duplex</i> , penelitian ini terjadi masalah pada pengiriman data dari aplikasi ke ThingSpeak karena ThingSpeak membutuhkan koneksi internet yang stabil..

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

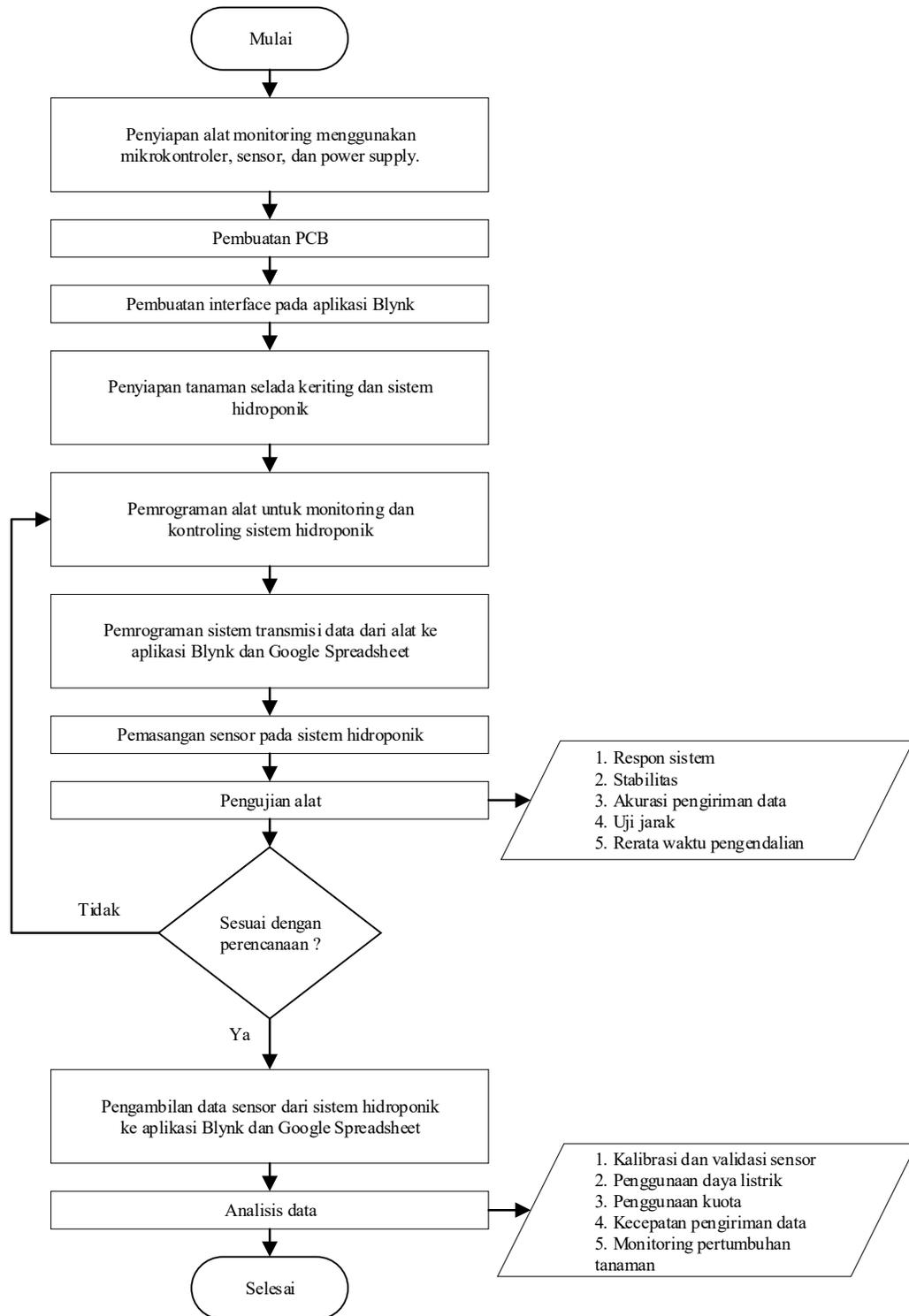
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Juli 2022 di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian (DAMP) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu laptop dengan kelengkapan *software* Arduino Ide, Firtzing, *Microsoft Office*, Aplikasi Eagle Versi 7.0, *Google Spreadsheet*, Google Chrome, Aplikasi Blynk, solder, TDS Meter 3, alat tulis, Wemos D1 R2, sensor TDS Gravity Sensor, Relay, kabel jumper, *power supply*, kotak plastik, dan wadah penampung air. Bahan yang digunakan, yaitu tanaman selada keriting, air baku, dan nutrisi hidroponik AB Mix.

3.3. Prosedur Penelitian

Perancangan sistem monitoring hidroponik berbasis *Internet of Things* pada tanaman hortikultura ini menggunakan mikrokontroller Wemos D1 R2 dengan sensor TDS Gravity Sensor. Proses pembuatan dilakukan dalam beberapa tahapan agar mampu menghasilkan sistem hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terkalibrasi yaitu studi pustaka, konsep perancangan alat, pembuatan rangkaian, rancangan pengambilan data, penulisan model kalibrasi, dan analisis data. Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir prosedur penelitian

3.4. Kriteria Desain

Sistem monitoring dan kontroling pada penelitian ini dirancang agar dapat memberikan nutrisi pada sistem hidroponik dengan tepat sehingga dapat mempertahankan keadaan nutrisi selama proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Alat ini dirancang untuk mempertahankan nilai nutrisi dari ppm yang ditentukan pada sistem hidroponik. Proses pengendalian terjadi ketika nilai nutrisi menurun di bawah *set point* dari nutrisi yang ditetapkan, kemudian pompa penambah nutrisi akan menyala dan begitu sebaliknya ketika nutrisi sudah sesuai atau di atas *set point* maka pompa penambah nutrisi akan mati. Alat monitoring dan kontroling ini memiliki data yang dapat di akses menggunakan *smartphone* melalui aplikasi Blynk ataupun Google *Spreadsheet*. Mikrokontroler pada alat ini dapat terhubung dengan jaringan WiFi agar mampu mengirimkan data melalui koneksi internet. Tampilan antar muka (*interface*) dari aplikasi Blynk dapat menampilkan suhu air, nutrisi dan nilai *set point* serta tombol *virtual* untuk mengendalikan pompa.

Proses penelitian ini menggunakan *greenhouse* yang memiliki sistem hidroponik NFT. *Greenhouse* tersebut memiliki kerangka dengan atap berbahan plastic UV dan di lengkapi dengan *insect net* sebagai penghalang serangga yang dapat mengganggu tanaman. Pada penelitian menggunakan drum penampung nutrisi sekitar 50 liter dengan pompa utama yang dapat mengedarkan nutrisi melalui pipa. Selain drum penampung nutrisi, terdapat penampung nutrisi yang lain untuk menyimpan nutrisi tambahan dan terpasang dengan aktuator atau pompa yang lain sebagai penambah nutrisi. Sensor TDS gravity meter dan sensor suhu Dallas DS18B20 diletakkan pada drum penampung utama agar dapat membaca nutrisi dan suhu air. Sedangkan untuk mikrokontroler dan beberapa perangkat lainnya diletakkan pada kotak panel.

3.5. Perancangan

Tahap perancangan alat pada penelitian ini terdapat proses yang meliputi perancangan struktural pada tahap pelaksanaan seperti rancangan *greenhouse*,

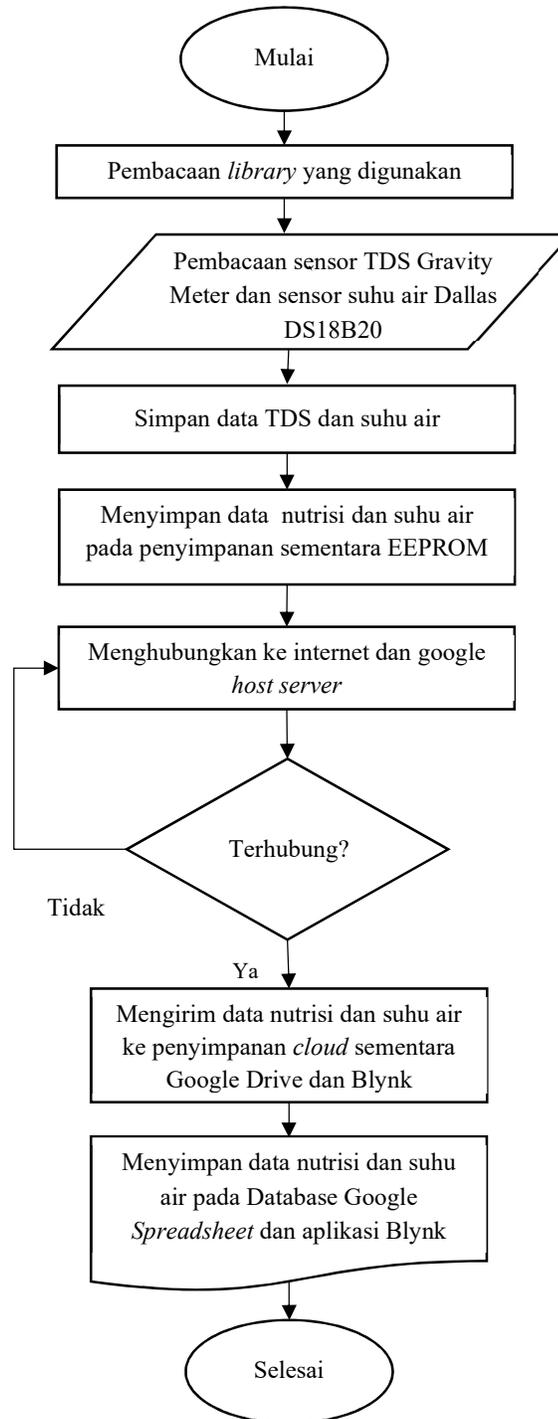
sistem hidroponik, skematik rangkaian alat, rancangan program, rancangan tampilan *user interface* pada aplikasi Blynk, dan perakitan komponen elektronika ke mikrokontroller.

3.5.1. Perancangan Struktural

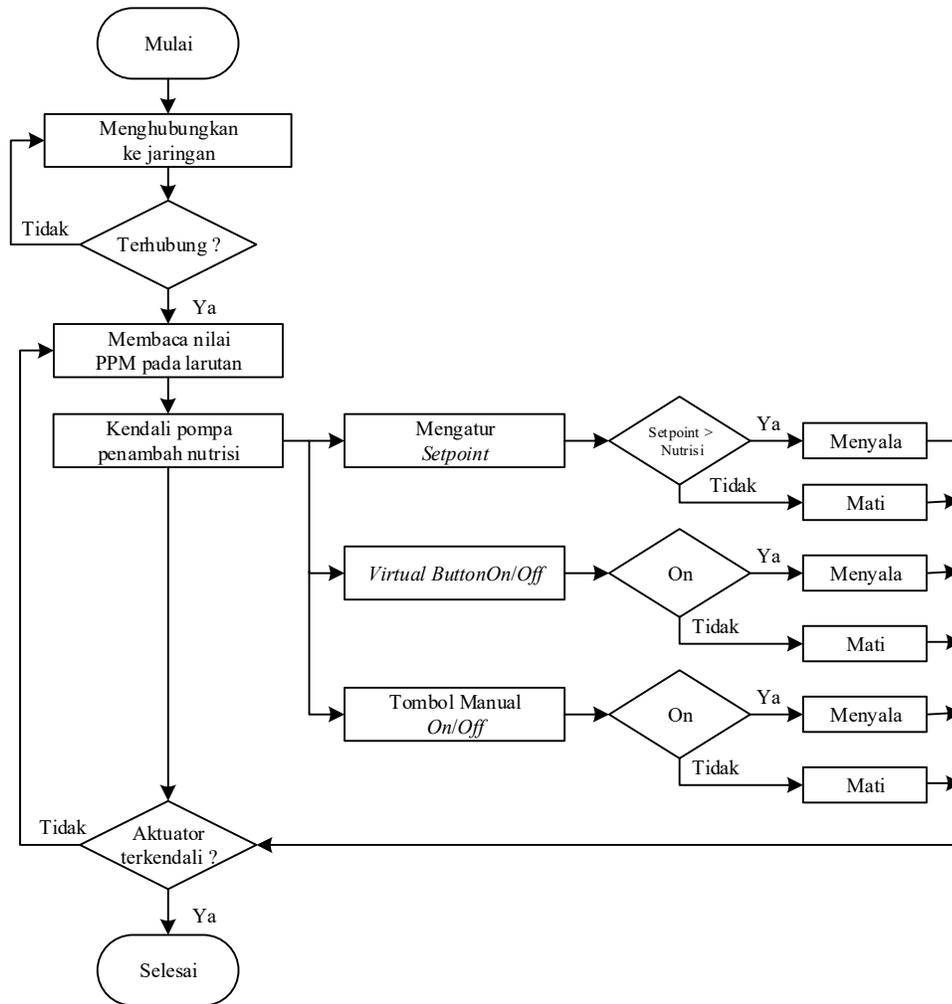
Penelitian ini dilaksanakan pada *greenhouse* Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Dimensi ukuran dari *greenhouse* ini dengan panjang sekitar 5 – 6 meter, lebar 3 meter, dan 2,5 – 3 meter untuk tinggi. Dari dimensi tersebut dapat memudahkan untuk mobilisasi serta memudahkan untuk menyimpan perangkat yang akan digunakan pada penelitian. Di dalam *greenhouse* terdapat sistem hidroponik yang dapat dilihat pada halaman lampiran Gambar 77.

Sistem hidroponik yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode NFT yang memiliki tinggi pada kerangkanya sekitar 1,5 meter dan panjang sekitar 1,5 meter. Sensor monitoring yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sensor suhu air dan sensor TDS Gravity Meter. Untuk kedua sensor tersebut diletakan di dalam bak penampungan nutrisi hidroponik. Rancangan sistem hidroponik dapat dilihat pada halaman lampiran Gambar 78.

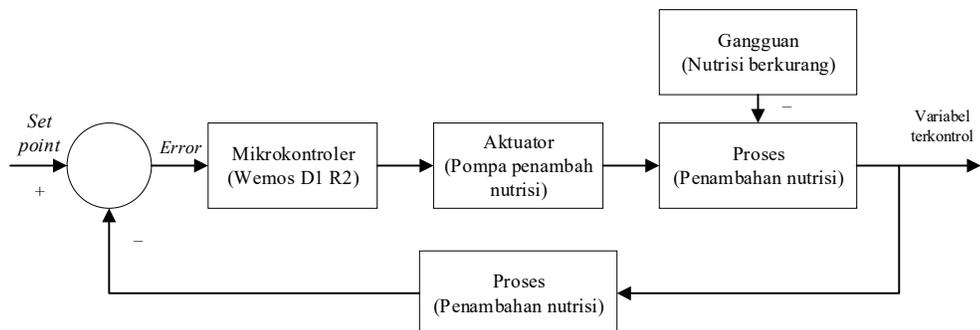
Pada tahap penulisan program menggunakan bahasa C penulisan program ini menggunakan aplikasi Arduino IDE. Setelah penulisan program, maka dilakukan *verify sketch* terlebih dahulu pada aplikasi Arduino IDE agar program yang telah di tulis dapat terbaca oleh mikrokontroller. Jika terdapat peringatan setelah memverifikasi, maka program tersebut terdapat kesalahan dalam penulisan. Jika tidak terdapat peringatan, maka program tersebut telah benar dan siap untuk dimasukkan ke mikrokontroller. Diagram alir sistem monitoring, diagram alir sistem kendali aktuator, serta diagram alir sistem kendali dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13.



Gambar 11. Diagram alir sistem monitoring



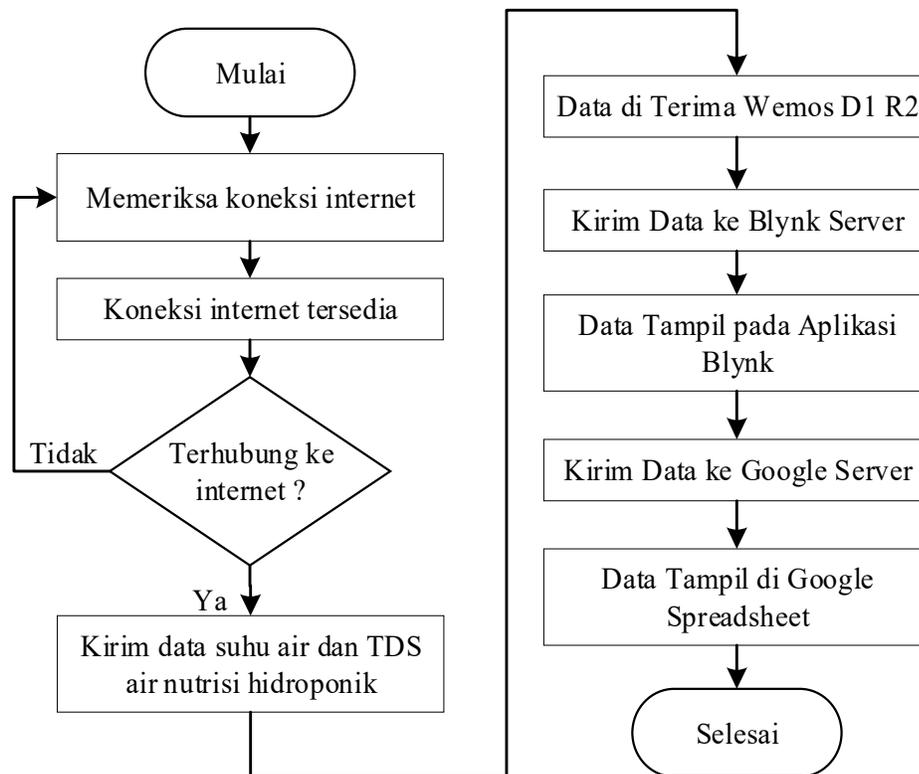
Gambar 12. Diagram alir sistem kendali aktuator



Gambar 13. Diagram alir sistem kendali

3.5.2. Perancangan Sistem Transmisi Data

Proses pada perancangan transmisi data yang diterima oleh mikrokontroler diawali dengan pengiriman data melalui ESP 8266 yang terdapat pada Wemos D1 R2 yang terhubung dengan modem internet. Setelah data diterima kemudian diteruskan menuju aplikasi Blynk yang akan menampilkan *interface* yang telah diatur. Alat pada penelitian ini akan mengirim data yang dikirimkan dalam bentuk angka sehingga dapat dimunculkan pada *interface* aplikasi Blynk. Setelah itu angka tersebut dikirim ke dalam *database* Google *Spreadsheet* sehingga data nutrisi hidroponik menjadi kompatibel dengan *Microsoft excel* agar data tersebut bisa dianalisis. Rancangan proses transmisi data tersebut ditampilkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Rancangan sistem transmisi data

3.5.3. Perancangan Fungsional

Proses perancangan fungsional ini dilakukan untuk membuat sebuah desain rancangan sistem hidroponik berbasis IoT yang dapat berfungsi untuk mendapatkan data monitoring besarnya jumlah TDS dalam air pada sistem hidroponik dan aktuator pompa penambah nutrisi pada bak nutrisi sistem hidroponik. Melalui pengaturan tertentu TDS meter akan diletakan didalam bak nutrisi hidroponik untuk menangkap data TDS, kemudian mikrokontroller akan memberikan perintah untuk menampilkan hasil pengukuran TDS pada bak nutrisi dan ESP 8266 mengupload data TDS pada aplikasi Blynk. Beberapa komponen yang ada pada alat ini terdiri dari : TDS Gravity Sensor, mikrokontroller Wemos R1 D2, *power supply*, aktuator, dan Modem.

a. Mikrokontroler Wemos D1 R2

Mikrokontroler berfungsi sebagai otak dari sistem rangkaian ini dengan cara kerja menerima sinyal data dari sensor. Sinyal yang ditangkap oleh mikrokontroler kemudian diolah datanya untuk memberikan *output* pada komponen lainnya yang masuk dalam rangkaian tersebut. Bentuk mikrokontroller Wemos D1 R2 dan bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 4.

b. *Total Dissolved Solid Sensor*

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi TDS di dalam air nutrisi pada bak penampungan nutrisi hidroponik. Sensor ini menggunakan metode *Electrical Conductivity*, terdapat dua buah jarum elektroda yang dihubungkan untuk mendapatkan nilai konduktivitas pada larutan yang akan diukur. Jarum pada *probe* tersebut diberi arus listrik lalu mendapatkan nilai konduktivitas pada suatu larutan kemudian rangkaian pemroses sinyal yang memberikan sumber tegangan AC konstan pada *probe* akan mengkonversi nilai konduktansi menjadi tegangan setelah itu nilai kandungan nutrisi pada sistem hidroponik muncul pada serial

monitor di Arduino. Bentuk sensor TDS Gravity Sensor dan bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 5.

c. *Water Temperature Sensor*

Sensor suhu air DS18B20 ini memiliki fungsi sebagai sensor yang dapat mendeteksi besarnya suhu di dalam air nutrisi pada bak penampungan nutrisi hidroponik. Sensor DS18B20 merupakan jenis sensor *output* digital yang memiliki 12-bit ADC *internal*. Sensor ini memiliki tegangan referensi sebesar 5 Volt dan memiliki rentang suhu -10 sampai 85 derajat Celcius dengan nilai akurasi +/-0.5 derajat. Sensor ini bekerja dengan menggunakan pin untuk komunikasi 1-wire (*one-wire*), pin vcc dan pin gnd. Bentuk dari sensor ini ditunjukkan pada Gambar 6.

d. Relay

Pada penelitian ini menggunakan relay yang difungsikan sebagai alat penyambung atau pemutus arus listrik yang mengalir. Relay ini dihubungkan dan diatur oleh mikrokontroller Wemos D1 R2 dengan pin yang digunakan adalah pin digital dari Wemos D1 R2. Setelah diatur pada Arduino IDE relay dapat difungsikan dengan menggunakan *widget* tombol pada Blynk. Bentuk dari relay ini ditunjukkan pada Gambar 7.

3.5.4. Rancangan Tampilan *Interface* Blynk

Proses perancangan tampilan *interface* pada aplikasi Blynk meliputi pengaturan pada tampilan antar muka atau *interface* yang bertujuan untuk memudahkan menampilkan nilai pembacaan dari sensor. Tampilan dari pembacaan sensor tersebut didesain dengan menambahkan beberapa *widget* sesuai kebutuhan *user*. Pada aplikasi Blynk terdapat beberapa pilihan *widget* yang dapat dipakai pada pembuatan project penelitian ini. Tampilan antar muka dari monitoring

hidroponik ini menggunakan *widget gauge* untuk menampilkan nilai TDS beserta suhu air yang terukur pada sistem hidroponik, *widget slider* untuk menampilkan dan mengatur *set point* yang digunakan pada nutrisi, *widget notification* untuk memberikan notifikasi jika terjadi sesuatu pada alat, dan sebuah *widget button* atau tombol *virtual* tersebut digunakan untuk menghidupkan relay yang terhubung dengan pompa.

3.5.5. Skematik Rangkaian

Penelitian ini terdapat skematik rangkaian alat yang dapat menampilkan proses pengolahan data yang diterima oleh mikrokontroller dengan menggunakan ESP 8266 yang terdapat pada Wemos D1 R2 yang terhubung dengan modem *WiFi*. Data dikirimkan menuju aplikasi Blynk dan ditampilkan pada *widget gauge*. Setelah data muncul dalam bentuk tampilan *widget* pada aplikasi Blynk, hasil pembacaan tersebut kemudian dikirim ke dalam *database Google Spreadsheet* yang nantinya data tersebut dapat diolah pada *Microsoft Excel*. Skematik rangkaian alat dapat dilihat pada halaman lampiran Gambar 76.

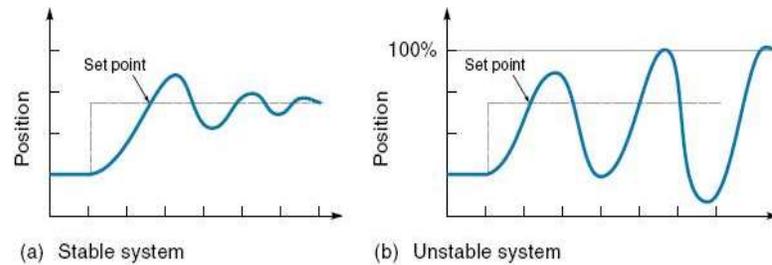
Penelitian ini dirancang untuk membuat sebuah rangkaian alat yang dapat memonitoring kandungan nilai TDS pada sistem hidroponik yang dapat berfungsi sebagai alat perekam data monitoring dengan akurat, menyimpan data dengan aman dan dapat menampilkan data perekaman melalui aplikasi Blynk secara *realtime*. Pada rancangan alat ini terdapat beberapa komponen elektronika pendukung yang digunakan seperti mikrokontroller Wemos D1 R2, TDS Gravity Sensor, Modem *WiFi*, Aktuator, Sensor suhu air, dan *power supply*.

3.6. Uji Kinerja Alat

Uji kinerja pada alat monitoring sistem hidroponik IoT ini dilakukan dengan cara uji stabilitas, kecepatan respon sistem dan akurasi pengiriman data ketika alat monitoring dioperasikan dengan menggunakan aplikasi Blynk.

3.6.1. Uji Stabilitas

Tingkat kestabilan suatu alat untuk monitoring merupakan hal penting dalam proses monitoring yang menggunakan sensor. Suatu sistem monitoring dapat dikatakan stabil apabila variabel yang dikendalikan selalu berada ataupun mendekati nilai yang telah ditentukan atau *setpoint*. Pada suatu alat monitoring nilai atau variabel yang diamati dapat tidak stabil karena diakibatkan oleh suatu kondisi tertentu, sehingga nilai dari sensor yang dikendalikan dapat bergeser jauh dari *setpoint*. Pergeseran dari nilai atau variabel tersebut dapat berubah menjadi proses osilasi yang jika nilainya semakin membesar sehingga dapat membuat sistem mencapai keadaan jenuh. Kestabilan dari sistem monitoring ini sangat penting karena dalam proses pertumbuhan tanaman hortikultura dengan menggunakan sistem hidroponik membutuhkan nilai TDS dan suhu pada air nutrisi yang stabil. Berikut grafik sistem stabil dan tidak stabil yang ditampilkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik sistem stabil dan tidak stabil

(Sumber : Anonim 2020)

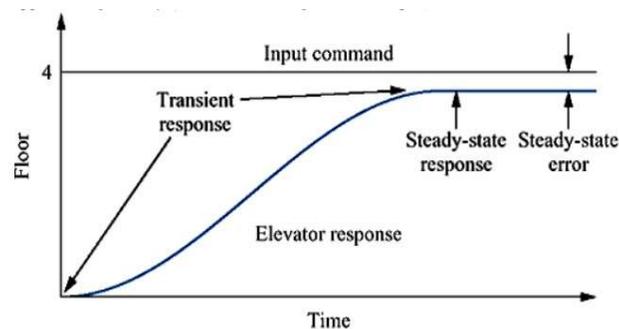
Pengujian stabilitas pada uji kinerja alat ini dilakukan dengan mengambil data stabilitas dengan interval tiap 10 menit dalam sehari selama proses budidaya dari 1 hst hingga 27 hst (panen). Penelitian ini melakukan pengujian stabilitas alat yang dilakukan selama 1 hst hingga 27 hst (panen) dengan perbedaan besaran atau *setpoint* ppm sekitar 500 ppm untuk 1 hst sampai dengan 7 hst (minggu ke - 1), 700 ppm untuk 8 hst hingga 14 hst (minggu ke - 2), 900 ppm untuk 15 hst hingga 21 hst (minggu ke - 3), pada 22 hst sampai dengan 27 hst (minggu ke - 4 / panen)

ppm yang diberikan adalah 900 ppm juga. Data tersebut diambil melalui *database Google Spreadsheet* dan kemudian diolah dengan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan grafik stabilitas.

3.6.2. Respon Sistem

Menurut Sepriyawan (2018) mengatakan bahwa respon sistem atau tanggapan sistem merupakan bentuk dari perubahan perilaku suatu *output* sinyal terhadap perubahan dari sinyal *input*. Bentuk dari respon sistem dapat digambarkan dalam bentuk kurva karakteristik yang pada umumnya menjadi dasar untuk menganalisa karakteristik pada suatu sistem selain menggunakan sebuah persamaan matematika.

Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo (2017) mengemukakan bahwa respon sistem dapat menampilkan bagaimana kecepatan dari kinerja alat terhadap adanya sebuah gangguan dan waktu. Respon sistem ini pada umumnya dibedakan menjadi dua, yaitu respon *transient* dan respon *steady state* yang ditampilkan pada Gambar 16. Respon transient ini dapat digunakan untuk mengukur waktu saat sistem pertama kali digunakan (pada titik 0) hingga mencapai keadaan *steady state*. Respon dari keadaan *steady state* digunakan untuk mengukur waktu pada saat sistem sudah berada dalam keadaan stabil hingga waktu yang tidak terhingga atau waktu yang telah ditentukan pada alat.



Gambar 16. Grafik respon sistem
(Sumber : Brainkart, 2017)

Pengujian respon sistem pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa uji, yaitu lama waktu untuk menghidupkan alat hingga terhubung ke internet, terhubung pada aplikasi Blynk, dan lama waktu yang dibutuhkan untuk muncul pada *database Google Spreadsheet*. Setelah respon untuk pengiriman data monitoring didapatkan berikutnya adalah pengujian untuk respon pada saat kontroling aktuator menggunakan *widget slider*, *widget virtual button*, dan tombol pada papan pcb yang digunakan pada penelitian ini.

3.6.3. Akurasi Pengiriman Data

Pada pengujian nilai akurasi pengiriman data dilakukan dengan mengambil perbandingan nilai yang muncul pada aplikasi Blynk dengan nilai data yang tampil pada *Google Spreadsheet* nanti. Pada tahap ini memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya perbedaan nilai yang ditampilkan pada kedua penampil data monitoring hidroponik tersebut. Pada akurasi pengiriman data ini diharapkan dapat menunjukkan berapa besarnya nilai persamaan atau perbedaan variabel yang direkam dari sensor ke mikrokontroler. Akurasi pengiriman data monitoring ini dilakukan dengan memasukan nilai data yang tampil pada aplikasi Blynk dengan nilai data yang tampil pada *Google Spreadsheet* dalam bentuk tabel sehingga dapat dilihat persamaan atau perbedaan dari akurasi datanya. Setelah didapatkan perbedaan dari nilai yang muncul kemudian diahitng menggunakan perhitungan akurasi pengiriman data dengan rumus RMSE (*Root Mean Square Error*) jika hasil RMSE yang didapat bernilai kecil atau hampir mendekati nol maka nilai tersebut dikatakan akurat (Walton, 2018). Persamaan tersebut dapat dilihat pada persamaan (1).

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(x-y)^2}}{n} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

x = nilai yang tampil pada *interface 1*

y = nilai yang tampil pada *interface 2*

n = jumlah data

Penelitian ini menguji tingkat keakuratan pada pengiriman data dari suhu dan PPM dengan data yang dikirim tiap *interface* dilakukan sebanyak 20 kali untuk masing-masing *interface*. Perhitungan nilai *error* dilakukan dengan mengurangi nilai yang tampil pada kedua *interface* setelah itu dirata-rata. Proses untuk mendapatkan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dilakukan dengan hasil rata-rata *error* yang didapatkan di pangkatkan dua, lalu dibagi dengan banyaknya data pengujian setelah itu diakarkan. Proses perhitungan dari RMSE didapatkan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*.

3.6.4. Uji Jarak

Menurut penelitian Nurrohmanasyah (2020) mengatakan bahwa jarak merupakan salah satu variabel penting pada pengendalian alat yang menggunakan sistem *wireless* atau nirkabel. Penelitian ini memerlukan pengujian pada jarak antara sistem hidroponik dengan *user* sehingga dapat diketahui besarnya jangkauan terjauh untuk monitoring dan pengendalian dari sistem hidroponik tersebut.

Proses pengujian jarak pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil data respon sistem alat untuk melakukan kontroling dalam jarak yang berbeda dan beberapa lokasi yang berbeda. Tahap pengujian ini menggunakan aktuator pompa nutrisi yang dihubungkan dengan relay. Pengujian jarak ini menggunakan *virtual button* pada aplikasi Blynk untuk menghidupkan dan mematikan pompa.

3.6.5. Kalibrasi dan Validasi

Proses kalibrasi merupakan salah satu tahapan penting ketika menggunakan sensor untuk melakukan pengukuran pada suatu keadaan. Menurut Kurniawan (2022) tahap kalibrasi dan validasi dilakukan untuk menghasilkan nilai yang sesuai pada sensor. Proses tersebut dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor kepada alat ukur standar sehingga didapatkan nilai hasil

pengukuran. Proses tersebut dapat dilakukan dengan mengukur beberapa sampel yang memiliki nilai yang berbeda beda dan kemudian dimasukkan kedalam *Microsoft excel* agar dapat dibuat dalam bentuk grafik regresi sehingga didapatkan fungsi matematika untuk sensor. Fungsi matematika tersebut dimasukkan kedalam *syntax* Arduino agar pembacaan dari sensor dapat diubah dan ditampilkan pada *interface* yang digunakan.

3.6.6. Kecepatan Pengiriman Data

Kecepatan pengiriman data meliputi kecepatan pengiriman data melalui internet dan kecepatan pengiriman data pada mikrokontroller. Proses pengiriman data pada internet dapat dilakukan dengan menghitung berapa data yang berhasil dikirim dengan waktu yang digunakan selama proses pengiriman data. Sedangkan untuk kecepatan pengiriman data pada mikrokontroller dapat dilakukan dengan mengambil data berupa ukuran file, jumlah bit, *baud rate*, dan jumlah baris yang digunakan pada program (Nurrohman, 2020).

3.6.7. Penggunaan Daya Listrik

Penggunaan daya listrik merupakan tingkat konsumsi listrik pada suatu alat dengan menghitung besaran daya dan kuat arus yang digunakan pada alat tersebut. Konsumsi daya listrik dapat dihitung dengan mengambil data pada daya dan kuat arus sehingga menghasilkan daya listrik dalam satuan kWh. Hasil perhitungan daya listrik tersebut disesuaikan dengan tarif yang digunakan pada perusahaan penyalur daya listrik seperti PLN.

3.6.8. Monitoring Pertumbuhan Tanaman

Monitoring pertumbuhan tanaman merupakan bagian penting ketika melakukan penelitian yang berhubungan dengan tanaman. Pertumbuhan atau perkembangan tanaman dapat dilihat secara langsung secara kuantitatif ataupun kualitatif. Proses

monitoring pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil data pertumbuhan pada tinggi tanaman, jumlah daun, panjang perakaran, dan bobot tanaman. Monitoring pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman menggunakan mistar, sedangkan untuk data jumlah daun dapat dilakukan dengan menghitung jumlah daun yang terdapat pada tanaman selada selama proses penelitian. Pengukuran tinggi dan jumlah daun pada tanaman dilakukan setiap 5 hari sekali selama masa pertumbuhan tanaman hingga panen. Pengukuran panjang perakaran dilakukan dengan mengukur panjang akar dari ujung netpot hingga ujung akar menggunakan mistar, dan pengukuran bobot tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan timbangan. Proses pengukuran panjang perakaran dan bobot tanaman dilakukan pada saat tanaman dapat dipanen. Proses monitoring pertumbuhan tanaman dilakukan pada sampel – sampel yang telah ditentukan untuk diambil data pertumbuhan tanaman.

3.6. Analisis Data

Proses analisis data pada penelitian ini menggunakan hasil dari pengukuran TDS dan suhu pada sistem hidroponik yang akan disimpan dan dimuat ke *database* atau dalam bentuk angka pada *interface* aplikasi Blynk yang kemudian masuk ke Google *Spreadsheet*. Pengukuran dari nilai TDS dan suhu air nutrisi ini dilakukan selama proses pertumbuhan tanaman selada keriting hidroponik ini nanti (1 hst sampai dengan panen). Setiap pukul 6 pagi, pukul 12 siang, dan pukul 6 sore dengan dilakukan pengukuran menggunakan TDS meter konvensional. Hasil data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel untuk mengetahui perbandingan antara alat monitoring dengan alat ukur konvensional.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghasilkan alat yang dapat memonitoring dan kontroling nutrisi (TDS) pada sistem hidroponik. Alat ini dapat diakses secara *realtime* melalui aplikasi Blynk, Google *Spreadsheet*, dan LCD yang terdapat pada rangkaian. Pada penelitian alat ini diletakan dekat dengan sistem hidroponik NFT yang digunakan untuk budidaya tanaman hortikultura yaitu selada keriting (*Lactuca sativa* L.) sehingga dapat memonitoring nutrisi dan suhu pada bak penampungan air nutrisi. Sebelum diletakan pada system hidroponik, alat tersebut dikalibrasi terlebih dahulu sehingga mendapatkan hasil nilai kalibrasi tahap pertama untuk koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,992 atau 99,2 % dan nilai persamaannya adalah $y = 1,5111x + 21,757$ sehingga dapat digunakan untuk proses kalibrasi tahap kedua menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,992 atau 99,2 % dengan nilai persamaan yang didapatkan adalah $y = 1,5111x + 21,757$ sebesar 0,9857 atau 98,57 % dengan nilai persamaannya adalah $y = 1,0185x$. Validasi sensor menghasilkan nilai rata-rata error sekitar 8 sedangkan RMSE yang dihasilkan adalah sekitar 0,82 sehingga dapat dikatakan bahwa pembacaan sensor TDS tersebut akurat karena nilai RMSE yang didapatkan kurang dari satu. Pada penelitian ini data monitoring tersimpan pada *database* Blynk dan Google *Spreadsheet*.
2. Hasil uji kinerja alat untuk sistem monitoring dan kendali nutrisi hidroponik adalah sebagai berikut :
 - a. Hasil respon sistem dapat dikatakan bahwa alat ini mampu merespon dengan keadaan atau posisi dari alat mati hingga hidup memerlukan waktu

sekitar 7,13 detik dari rata rata pengujian. Kemudian dengan keadaan alat mati hingga terhubung ke Aplikasi Blynk adalah sekitar 7,01 detik, dan untuk menghubungkan alat dari keadaan mati hingga data terbaca di *Google Spreadsheet* adalah sekitar 11,34 detik.

- b. Hasil uji stabilitas pada alat ini dapat dikatakan cukup stabil karena alat dapat mempertahankan jumlah nutrisi dalam satuan ppm untuk kebutuhan nutrisi dari tanaman hidroponik selada keriting.
 - c. Hasil uji jarak pada penelitian ini dapat dikatakan bahwa alat mampu mengirimkan data monitoring dengan jarak yang jauh sedangkan untuk melakukan kontroling alat memerlukan waktu sekitar 7 detik untuk menghidupkan aktuator berupa relay yang terhubung dengan pompa nutrisi hidroponik. Adapun faktor yang dapat mempengaruhi alat agar dapat melakukan kontroling adalah signal provider yang digunakan pada lokasi saat pengguna (*user*) melakukan kontroling.
 - d. Hasil pengujian untuk rerata waktu pengendalian menghasilkan lama waktu untuk menaikkan nutrisi adalah sekitar 5 detik dan didapatkan rerata waktu yang cepat pada saat menaikkan nutrisi dari 500 ke 700 ppm dengan hasil sekitar 4 menit 40 detik.
 - e. Proses monitoring dan kontroling pada penelitian ini memerlukan jumlah kuota sekitar 1,8 gb selama 1 – 27 hst dengan tarif kuota untuk provider yang digunakan adalah sekitar Rp. 2,02 per kb data. Sedangkan untuk penggunaan listrik selama 1 jam adalah sekitar 0,0036 kWh dengan biaya yang dibutuhkan untuk pengoperasian alat monitoring dan kontroling ini adalah Rp 3.732 selama 27 hari.
3. Hidroponik NFT yang digunakan memiliki keterkaitan dengan alat yang berhasil dirancang serta diimplementasikan pada penelitian ini. Pada penelitian ini terdapat notifikasi jika alat dalam keadaan mati sehingga petani atau pengguna dapat mengetahui apakah alat sedang beroperasi atau tidak. Selain itu juga hidroponik NFT merupakan jenis sistem hidroponik yang memerlukan keadaan khusus untuk pemberian nutrisinya seperti sirkulasi air secara terus menerus selama 24 jam agar nutrisi dan oksigen yang dibutuhkan oleh tanaman dapat tercukupi dengan baik.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, penulis dapat memberikan saran sehingga dapat membantu untuk penelitian yang berikutnya :

1. Menggunakan provider internet yang kuat untuk digunakan pada lokasi penelitian baik untuk alat maupun *smartphone* atau *gadget* yang digunakan oleh pengguna.
2. Menggunakan nutrisi hidroponik yang organik.
3. Memperhatikan komponen-komponen elektronika yang akan digunakan.
4. Melapisi papan PCB dengan pelapis yang tebal agar alat dapat bekerja dengan baik.
5. Menggunakan aplikasi atau penyedia IoT selain aplikasi Blynk.
6. Menggunakan sumber energi listrik yang tidak bergantung dengan PLN seperti panel surya sehingga dapat memangkas biaya kebutuhan listrik untuk pompa dan alat – alat lainnya ataupun terjadi pemadaman listrik karena perawatan dari PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, S. A., Hamid, G., dan Rosa, E. 2013. Pengaruh Pemberian Kombinasi Kompos Sapi Dan Fertimix Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Dua Kultovar Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Dalam Sistem Hidroponik Rakit Apung. *J. Pertanian*. 4 (1) : 6 – 20.
- Ahmad, J., dan El-Dessouky, H. 2008. Design Of A Modified Low Cost Treatment System For The Recycling And A Reuse Of A Laundry Waste Water. *Resources, Conservation & Recycling*. 5 (2) : 973 – 978.
- Alam, R. L. 2020. *Sistem Pengendali pH Air dan Pemantauan Lingkungan Tanaman Hidroponik menggunakan Fuzzy Logic Controller berbasis IoT*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Almatsier, S. 2004. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Andy, D. 2019. *Wemos D1 R2 Wifi Arduino Development Board*. <https://andydharmalau.com/wemos-d1-r2-wifi-arduino-development-board/>. Diakses pada 6 Oktober 2022.
- Anonim. 2020. *Sistem Kendali Umpan : Stabilitas Sistem Kendali*. <https://kuliah.unpatti.ac.id/mod/page/view.php?id=28>. Diakses pada 6 Oktober 2022.
- Arafat. 2016. Sistem Pengamanan Pintu Rumah Berbasis Internet Of Things (Iot) Dengan ESP8266. *Jurnal Ilmiah Fakultas "Teknik Technologia"*. 7 (4) : 262 - 268.
- Arduino. 2022. *Software*. <https://www.arduino.cc/en/software>. Diakses pada 6 Oktober 2022.
- Ardutech. 2019. *Belajar IoT Dasar : Seting Modul ESP8266*. <https://www.ardutech.com/belajar-iot-dasar-seting-modul-esp8266/>. Diakses pada 6 Oktober 2022.
- Ardutech. 2019. *Arduino Sensor Suhu DS18B20*. <https://www.ardutech.com/arduino-sensor-suhu-ds18b20/>. Diakses pada 6 Oktober 2022.

- Artanto, D. 2017. *Interface Sensor dan Aktuator Menggunakan Proteus, Arduino, dan LabVIEW*. Deepublish. Yogyakarta.
- Azizi, B.N. 2019. *Overclocking Prosesor dan Pengaruhnya Dalam Proses Video Rendering*. Institut Seni Indonesia. Surakarta.
- Berlianti, R., dan Fibriyanti. 2020. *Perancangan Alat Pengontrolan Beban Listrik Satu Phasa Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Arduino Mega*. Politeknik Negeri Padang. Padang.
- Blynk. 2022. *Blynk IoT platform: for businesses and developers*. <https://blynk.io/>. Diakses pada 6 Oktober 2022.
- Bobanto, W.S., Lumenta, A.S.M., dan Najoran, X. 2014. Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet (Studi Kasus PT. Kawanua Internetindo Manado). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*. 4 (1) : 80 – 87.
- Brainkart. 2017. *Time Response Analysis*. https://www.brainkart.com/article/Time-response-analysis_12842/. Diakses pada 6 Oktober 2022.
- Buana, dan Zetry. 2019. *Sistem Pemantauan Tanaman Sayur Dengan Media Tanam Hidroponik Menggunakan Arduino*. Universitas Negeri Padang. Padang.
- Cahyati, C., Nurochmah, T.Y., Santoso, H., dan Anggadjaja, E. 2017. Sistem Pengecekan Water Meter Berbasis Internet Menggunakan Wemos D1. *E-Proceedings KNS & I STIKOM Bali*. 536 – 540.
- Cahyono. 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran*. Penebar Swadaya. Jakarta
- DFRobot. 2021. *Gravity: Analog TDS Sensor/ Meter for Arduino*. <https://www.dfrobot.com/product-1662.html>. Diakses pada 6 Oktober 2022.
- Dimiyati, D., Triwidjaja, H.A., dan Untari, E. 2017. Kesalahan-Kesalahan Sistemik Dalam Pengukuran Fisika Bagi Mahasiswa Pendidikan Guru Sekolah Dasar. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M)*. 1 – 9.
- Dwigista, C., Nataliana, D., dan Anwari, S. 2022. Perancangan Dan Implementasi Printed Circuit Board (PCB) Ramah Lingkungan Menggunakan Conductive INK. *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*. 11 (1) : 31 – 35.
- Fauzi, R. 2013. Pengayaan Oksigen di Zona Perakaran Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Lactuca sativa* L.) Secara Hidroponik. *J. Vegetalika*. 2 (4) : 63 – 74.

- Fitriansah, T. 2018. *Pertumbuhan Tanaman Selada (Lactuca Sativa L) Pada Dosis Dan Interval Penambahan AB Mix Dengan Sistem Hidroponik*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Google. 2022. *Google Spreadsheet: Editor Spreadsheet Online Google Workspace*. <https://www.google.com/intl/id/sheets/about/>. Diakses pada 26 Juli 2022.
- Gunawan, I., Akbar, T., dan Ilham, M.G. 2020. Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk. *Jurnal Informatika dan Teknologi*. 3 (1) : 1 – 7.
- Gupta, A.K., dan Johari, R. 2019. IOT based Electrical Device Surveillance and Control System. *2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*. 8 (5) : 1–5,
- Handi, H., Fitriyah, H., dan Setyawan, G. 2019. Sistem Pemantauan Menggunakan Blynk dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Jamur Dengan Metode Logika Fuzzy. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 3 (4) 3258-3265.
- Hardyanto, R.H. 2017. Konsep Internet Of Things Pada Pembelajaran Berbasis Web. *Jurnal Dinamika Informatika*. 6 (1) : 87 – 97.
- Hendra, H.A. 2014. *Bertanam Sayuran Hidroponik Ala Paktani Hydrofarm*. AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Heri, A. 2015. *Pemograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (CodeVisionAVR)*. Informatika Bandung. Bandung.
- Kadir, A. 2013. *Buku Pintar Programmer Pemula PHP*. Mediakom. Yogyakarta.
- Khairi, M.H.A. 2021. *Cara Membedakan Arduino Asli dengan yang Palsu (clone)*. <https://www.mahirelektro.com/2021/02/perbedaan-arduino-asli-dengan-yang-palsu.html>. Diakses pada 20 februari 2023.
- Kementerian Kesehatan. 2010. Undang-undang Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Jakarta.
- Kurniawan, Y. 2022. *Rancang Bangun Penggerak Panel Surya Otomatis Sebagai Sumber Energi Weeder Listrik*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Kusuma, N.A.A. 2018. *Rancang Bangun Smart Home Menggunakan Wemos D1 R2 Arduino Compatible Berbasis ESP8266 ESP 12-F*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.

- Lestari, T. 2009. *Dampak Konversi Lahan Pertanian Bagi Taraf Hidup Petani*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lingga, P. 2005. *Hidroponik: Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Makhabbah, H., dan Agung, A.I. 2020. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Dan Pemutus Daya Otomatis Berbasis Internet*. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Manik, D.E.P., Nababan, F.D., Ramadani, F., dan Wirman, S.P. 2019. Sistem Otomasi Pada Tanaman Hidroponik Nft Untuk Optimalisasi Nutrisi. *Prosiding SainTekes Semnas MIPAKes UMRi*. 1 : 1–6.
- Martani, M., dan Endarko, E. 2014. Perancangan dan Pembuatan Sensor TDS Pada Proses Pengendapan CaCO₃ Dalam Air Dengan Metode Pelucutan Elektron dan Medan Magnet. *Berkala Fisika*. 17 (3) : 99 – 108.
- Mutmainah, A.D., dan Hayaty, M. 2019. Sistem Kendali dan Pemantauan Penggunaan Listrik Berbasis Iot Menggunakan Wemos Dan Aplikasi Blynk. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*. 7 (4) : 161-165.
- NodeMCU. 2022. *NodeMcu An open-source firmware based on ESP8266 wifi-soc*. <https://www.nodemcu.com>. Diakses pada 29 Maret 2022.
- Novriandry, Y., Triyanto, D., dan Suhardi. 2020. Prototype Sistem Monitoring Dan Pengisian Token Listrik Prabayar Menggunakan Arduino Uno Berbasis Website. *Coding.j. Komputer dan Aplikasi*. 8 (61) : 61 – 72.
- Nurrohmanasyah, R. 2020. *Desain Interface Dan Sistem Kendali Gerak Traktor Tangan Menggunakan Jaringan Wireless Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Perteka, P.D.B., Piarsa, I.N., dan Wibawa, K.S. 2020. Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Merpati*. 8 (3) : 197 – 210.
- Perwitasari, B., Triptsari, M., dan Wasonowati, C. 2012. Pengaruh Media Tanam Dan Nutrisi Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakchoi (*Brassica juncea L*) Dengan Sistem Hidroponik. *Agrovigor*. 5(1) : 14-25.
- Prakoso. 2010. *Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Prasetyo, B.D. 2017. *Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis Ph Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Prayitno, W.A. 2017. Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan Blynk Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 1 (4) : 292 – 297.
- Pratama, R., Irawan, J.D., dan Orisa, M. 2022. Analisis Quality Of Service Sistem Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Laboratorium Teknik Informatika Itn Malang. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. 6 (1) : 196 – 204.
- Purwantiningsih, D.M. 2018. Monitoring Suhu Aquarium Air Tawar Berbasis Labview Menggunakan Ds 18b20 Dan Arduino Uno. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional*. 4 (1) : 224 – 231.
- Robianto, A., Imansyah, F., dan Marpaung, J. 2021. Analisis Kualitas Jaringan Indihome Dengan Aplikasi Wireshark Untuk Video Call Dan Game Online. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1(1).
- Rosliani, R., dan Sumarni, N. 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Lembang. Bandung.
- Saftari, F. 2015. *Proyek robotik keren dengan arduino*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Sepriyawan, A. 2018. *Perancangan Dan Analisis Pengaruh Sistem Kendali Fuzzy Logic Terhadap Penggunaan Daya Pada Sistem Robot Mobil Line Follower*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Setiawan, Y. 2018. Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik. *Jurnal Tesla*, 20(2) : 196 – 207.
- Situmorang, A. 2018. *Rangkaian Rancang Alat Pendeteksi Kebakaran Berdasar Asap Dan Suhu Pada Ruang Tertutup Berbasis Arduino*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung
- Susnea, dan Mitescu. 2005. *Microcontrolles in Practice*. Springer. New York.
- Turang, D.A.O. 2015. *Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile*. UPN Veteran. Yogyakarta.
- Wibowo, S., dan Asriyanti, A.S. 2013. Aplikasi Hidroponik NFT pada Budidaya Pakcoy. *Jurnal Penelitian Terapan*. 13(3) : 159 – 167.

Zamora, R., Harmadi, H., dan Wildian, W. 2016. Perancangan Alat Ukur Tds (*Total Dissolved Solid*) Air Dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*. 7(1) : 11-15.