

**DESAIN *MONITORING* GUDANG PENYIMPANAN BERAS BERBASIS
IOT (*INTERNET OF THINGS*) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER
WEMOS D1 R2 DENGAN SENSOR DHT22, SENSOR MQ-135 DAN
SENSOR API**

Oleh

Muhammad Randy Akbar



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

DESAIN *MONITORING* GUDANG PENYIMPANAN BERAS BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER WEMOS D1 R2 DENGAN SENSOR DHT22, SENSOR MQ-135 DAN SENSOR API

Oleh

Muhammad Randy Akbar

Sistem kendali dan *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) merupakan solusi inovatif yang memanfaatkan teknologi terkini untuk membantu *monitoring* suhu, kelembapan, nilai kualitas udara dan mendeteksi adanya api pada gudang penyimpanan beras. Tujuan utama dari penelitian ini adalah memanfaatkan sistem IoT tersebut dalam merancang alat kendali dan *monitoring* menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R2 dengan aplikasi Blynk dan mengetahui kinerja alat kendali dan *monitoring*. Sistem ini dirancang dengan memanfaatkan sensor - sensor dalam pengambilan data secara *real time* yang terkoneksi dengan jaringan internet, sehingga memungkinkan *monitoring* dapat diakses dari mana saja melalui aplikasi berbasis *mobile* yaitu aplikasi Blynk. Alat kendali dan *monitoring* juga diharapkan dapat memberikan informasi secara akurat dan cepat dalam mengendalikan suhu menggunakan aktuator berupa lampu dan kipas.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2022 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Proses penelitian ini memerlukan desain rancangan dan pengujian kinerja alat sehingga didapatkan perhitungan kuota, listrik, data stabilitas, data reliabilitas, respon sistem, keakuratan pengendalian, nilai rerata

waktu pengendalian (RWP) dan hubungan jarak terhadap respon pengiriman data. Proses tersebut dimulai dengan membuat desain, kemudian membuat tampilan *interface* dari aplikasi Blynk, setelah itu membuat program pada Google *Spreadsheet* agar dapat terhubung dengan mikrokontroler Wemos D1 R2, setelah itu alat tersebut dihubungkan dengan koneksi internet dan kemudian melakukan pengujian kepada alat.

Penelitian ini menghasilkan alat kendali dan *monitoring* berbentuk kubus dengan ukuran 40 x 40 x 40 cm yang terbuat dari bahan kaca akrilik dan triplek. Alat kendali dan *monitoring* terpasang beberapa komponen seperti sensor DHT22, sensor MQ-135, sensor api dan aktuator berupa lampu dan *exhaust fan*. Alat pada penelitian ini berjumlah 3 dan dapat diakses secara *real time* melalui aplikasi Blynk. Alat *monitoring* tersebut menggunakan sensor - sensor yang telah diuji dan dikalibrasi sehingga hasil pengukuran nantinya dapat mendekati nilai dari hasil pengukuran alat ukur. Hasil uji stabilitas menunjukkan alat dapat dengan stabil mempertahankan *setting point* yang telah ditentukan, melakukan pengukuran nilai CO₂ dan mendeteksi api. Hasil uji reliabilitas didapatkan pengukuran yang reliabel dengan nilai koefisien r yang mendekati angka 1, alat yang menunjukkan hasil pengukuran yang reliabel diartikan dapat dipercaya. Hasil uji respon sistem alat dari dihidupkan hingga terhubung ke internet memerlukan waktu 6,4 detik, sedangkan dari terhubung ke internet hingga mengirimkan data adalah 2,27 detik dan respon sistem aktuator menunjukkan respon yang sangat cepat yaitu berada kurang dari 2 detik. Hasil uji keakuratan pengendalian didapatkan nilai rata-rata akurasi 99,99 % dan uji rerata waktu pengendalian (RWP) diperoleh rata - rata 4 detik untuk masing - masing alat. Hasil dari uji jarak menunjukkan jarak tidak berpengaruh pada respon pengiriman data dan respon aktuator, sehingga selama alat memiliki kualitas jaringan yang bagus respon pengiriman data dapat dilakukan dengan cepat. Alat kendali dan *monitoring* memerlukan jumlah kuota sekitar 149,43 mb selama 7 hari, sedangkan untuk penggunaan listrik dari ketiga alat menghabiskan biaya Rp 1.125.

Kata kunci : *monitoring*, kendali, Wemos D1 R2, aplikasi Blynk.

ABSTRACT

MONITORING DESIGN RICE STORAGE WAREHOUSE BASED INTERNET OF THINGS (IOT) USING WEMOS D1 R2 MICROCONTROLLER WITH DHT22 SENSOR, MQ-135 SENSOR AND FIRE SENSOR

By

Muhammad Randy Akbar

The Internet of Things (IoT) based control and monitoring system is an innovative solution that utilizes the latest technology to help monitor temperature, humidity, air quality values and detect fire in rice storage warehouses. The main objective of this research is to utilize the IoT system in designing control and monitoring tools using the Wemos D1 R2 microcontroller with the Blynk application and determine the performance of the control and monitoring tools. This system is designed by utilizing sensors in real time data collection that is connected to the internet network, allowing monitoring to be accessed from anywhere through a mobile-based application, namely the Blynk application. The control and monitoring tool is also expected to provide information accurately and quickly in controlling the temperature using actuators in the form of lights and exhaust fan.

This research was conducted from March to May 2022 at the Power Laboratory of Agricultural Equipment and Machinery, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Lampung. This research process requires design design and performance testing of tools so as to obtain quota calculations, electricity, stability data, reliability data, system response, control accuracy, average value of control time (RWP) and the relationship

between distance and data transmission response. The process begins with making a design, then making the interface of the Blynk application, after that making a program on Google Sheets so that it can connect with the Wemos D1 R2 microcontroller, after that the tool is connected to an internet connection and then testing the tool.

This research produced a cube-shaped control and monitoring device with a size of 40 x 40 x 40 cm made of acrylic glass and plywood. The control and monitoring device installed several components such as DHT22 sensors, MQ-135 sensors, fire sensors and actuators in the form of lights and exhaust fans. The tools in this study amounted to 3 and can be accessed in real time through the Blynk application. The monitoring tool uses sensors that have been tested and calibrated so that the measurement results can later approach the value of the measurement results of the measuring instrument. The results of stability testing show that the tool can stably maintain a predetermined setting point, measure CO₂ values and detect fire. The reliability test results obtained reliable measurements with a coefficient r value close to 1, where a tool that shows reliable measurement results is interpreted as reliable. The results of the tool system response from being turned on to connecting to the internet takes 6.4 seconds, while from connecting to the internet to sending data is 2.27 seconds and the actuator system response shows a very fast response at the speed level of the tool is <2 seconds. The results of testing the accuracy of control obtained an average accuracy value of 99.99% and the average control time (RWP) obtained an average of 4 seconds on each tool. The results of the distance test show that the distance has no effect on the data transmission response and actuator response, so as long as the device has good network quality, the data transmission response can be done quickly. The control and monitoring tools require a quota of around 149.43 mb for 7 days, while the electricity usage of the three tools costs Rp 1,125.

Keywords: *monitoring, control, Wemos D1 R2, Blynk application.*

**DESAIN *MONITORING* GUDANG PENYIMPANAN BERAS BERBASIS
IOT (*INTERNET OF THINGS*) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER
WEMOS D1 R2 DENGAN SENSOR DHT22, SENSOR MQ-135 DAN
SENSOR API**

Oleh

Muhammad Randy Akbar

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: **DESAIN MONITORING GUDANG
PENYIMPANAN BERAS BERBASIS IOT
(INTERNET OF THINGS) MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLER WEMOS D1 R2
DENGAN SENSOR DHT22, SENSOR MQ-135
DAN SENSOR API**

Nama Mahasiswa

: **Muhammad Randy Akbar**

No. Pokok Mahasiswa

: **1814071040**

Jurusan

: **Teknik Pertanian**

Fakultas

: **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. **Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.**

NIP. 198803252015041001

NIP. 199002262019031012

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**

Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.

NIP. 197801022003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.



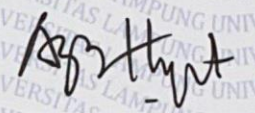
Sekretaris

: Redryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Khawanta Futas Hidayat, M.P.

NIP 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : 4 Juni 2025

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya **Muhammad Randy Akbar NPM 1814071040**. Dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.** dan **Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa 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, Juni 2025
Penulis,



Muhammad Randy Akbar
NPM 1814071040

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Pasar Liwa, Kecamatan Balik Bukit, Kabupaten Lampung Barat, pada hari Kamis, 21 September 2000. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, putra dari pasangan Bapak Muyoko dan Ibu Nurhayati, adik dari drh. Bella Dinar Fauqi Cahyani. Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Way Mengaku lulus pada tahun 2012. Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Liwa, lulus pada tahun 2015. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Liwa, lulus pada tahun 2018. Penulis terdaftar di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi di Organisasi Kemahasiswaan, tingkat Jurusan sebagai Anggota bidang Informasi dan Komunikasi Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode 2019 dan periode 2020. Ditingkat Fakultas sebagai Anggota departemen Komunikasi dan Informasi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2019. Ditingkat Universitas sebagai Anggota departemen Media and Branding Birohmah Universitas Lampung. Ditingkat Nasional sebagai anggota Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI).

Di bidang akademis penulis juga aktif sebagai asisten dosen mata kuliah Fisika Dasar pada semester Ganjil Tahun 2019/2020. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada bulan Februari - Maret 2021 di Desa

Wates, Kecamatan Balik Bukit, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung.
Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) pada tahun 2021 di Asosiasi Eksportir dan Industri Kopi (AEKI), Kabupaten Lampung Barat dengan judul “Mempelajari Teknik Budidaya Tanaman Kopi Robusta di Pusat Penyuluhan Dan Pengembangan Kopi (P3K) Asosiasi Eksportir dan Industri Kopi (AEKI) Lampung Barat” 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 Muyoko dan Ibu Nurhayati



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 *Monitoring* Gudang Penyimpanan Beras Berbasis IoT (*Internet of Things*) menggunakan Mikrokontroler Wemos D1 R2 dengan Sensor DHT22, Sensor MQ-135 dan Sensor Api” 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 Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., 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. Bapak Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, saran dan motivasi;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan kritik untuk perbaikan dalam penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak Muyoko dan Ibu Nurhayati yang telah mendidik, memberikan

semangat, doa dan kepercayaan dalam menimba ilmu dibangku perkuliahan;

7. Saudara penulis yaitu kakak drh. Bella Dinar Fauqi Cahyani yang telah memberikan semangat, doa dan dukungan kepada penulis;
8. Sahabat penulis yaitu Eka Yana, Yosua B. Sihotang, Muhammad Rizky Kurniawan, Maya Elinta, Endar Albary, Iqbal Santoso, Ari Saputra, Anisa Yusri Eliyanti, Meisy Lestari, Aditia Adwijaya, A. Toner, Tefania Bunga Sustina, Muhammad Adji Prastowo, Rizky Zakaria, Bakti Dinasari dan Rena Novelia yang telah memberikan bantuan dan motivasi;
9. Rekan penelitian, Hendri Tri Dwika, Eka Yana dan Aksal Pramaja yang telah membantu dalam membuat program alat, merancang, pengambilan data penelitian serta menyelesaikan penyusunan skripsi ini;
10. Rekan - rekan PERMATEP yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuan untuk penulis;
11. Keluarga Teknik Pertanian 2018 yang telah kebersamaan dari awal sampai akhir, yang selalu memberikan semangat, bantuan dan motivasi;
12. 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 terima kasih, dan penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembacanya.

Bandar Lampung, Juni 2025
Penulis,

Muhammad Randy Akbar

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Hipotesis Penelitian	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Batasan Masalah	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Beras	6
2.2. Ruang Penyimpanan	6
2.3. Sistem <i>Monitoring</i>	7
2.4. <i>Internet of Things</i> (IoT)	8
2.5. Sistem Transmisi Data.....	8
2.6. Mikrokontroler	9
2.7. Wemos D1 R2	10
2.8. Sensor	12
2.8.1. Sensor Suhu dan Kelembapan.....	12
2.8.2. Sensor Api (<i>Flame Sensor</i>)	13
2.8.3. Sensor Kualitas Udara (<i>Air Quality Sensor</i>)	14
2.9. Motor Servo	16
2.10. Relay 2 Channel	16
2.11. Modem.....	17
2.12. Aplikasi Arduino IDE.....	18
2.13. Bahasa C	18

2.14. Aplikasi Blynk.....	18
2.15. Rujukan Penelitian.....	19
III. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1. Alat.....	22
3.2.2. Bahan	23
3.3. Metode Penelitian	23
3.4. Perancangan.....	24
3.4.1. Kriteria Desain	26
3.4.2. Rancangan Struktural.....	27
3.4.3. Rancangan Sistem Transmisi Data	28
3.4.4. Rancangan Tampilan Blynk.....	30
3.4.5. Rancangan Fungsional	31
3.5. Uji Kinerja Alat	33
3.5.1. Stabilitas Alat.....	34
3.5.2. Reliabilitas Alat.....	34
3.5.3. Respon Sistem.....	35
3.5.4. Rerata Waktu Pengendalian	36
3.5.5. Keakuratan Pengendalian.....	36
3.5.6. Uji Jarak	37
3.6. Analisis Data	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1. Hasil Rancangan Alat <i>Monitoring</i> untuk Penyimpanan Beras	38
4.2. Sistem Transmisi Data.....	40
4.2.1. Tampilan Aplikasi Blynk	42
4.2.2. Pengaturan Penampilan Data pada Google <i>Spreadsheet</i>	47
4.3. Kalibrasi dan Validasi Sensor.....	52
4.3.1. Kalibrasi Sensor DHT22	53
4.3.2. Validasi Sensor DHT22	58
4.4. Uji Kinerja Sensor	60
4.4.1. Uji Kinerja Sensor DHT22	61
4.4.2. Uji Kinerja Sensor MQ-135	63
4.4.3. Uji Kinerja Sensor Api.....	64
4.5. Stabilitas Alat Kendali dan <i>Monitoring</i>	66
4.5.1. Stabilitas Suhu.....	66
4.5.2. Stabilitas Kelembapan.....	68
4.5.3. Stabilitas Nilai CO ₂	71
4.5.4. Stabilitas Sensor Api.....	73
4.6. Reliabilitas Alat Kendali dan <i>Monitoring</i>	74
4.6.1. Reliabilitas Suhu	74

4.6.2. Reliabilitas Kelembapan	75
4.6.3. Reliabilitas Nilai CO ₂	76
4.7. Respon Sistem Alat Kendali dan <i>Monitoring</i>	77
4.7.1. Uji Respon Sistem Alat.....	78
4.7.2. Uji Respon Sistem Aktuator	79
4.8. Keakuratan Pengendalian	81
4.9. Rerata Waktu Pengendalian (RWP)	82
4.10. Uji Jarak.....	84
4.10.1. Uji Jarak Respon Pengiriman Data	84
4.10.2. Uji Jarak Aktuator.....	86
4.11. Penggunaan Daya Listrik	88
4.12. Penggunaan Kuota Internet pada Aplikasi Blynk.....	89
4.13. Hasil Uji Kendali dan <i>Monitoring</i> terhadap Penyimpanan Beras	90
V. KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1. Kesimpulan.....	92
5.2. Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN.....	99
Penulisan Program pada <i>App Script</i> di <i>Spreadsheet</i>	140
Penulisan Program pada Aplikasi Arduino IDE.....	143

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Spesifikasi Wemos D1 R2	11
2. Spesifikasi Sensor MQ-135	15
3. Rujukan Penelitian	19
4. Klasifikasi koefisien nilai r	34
5. Koefisien Korelasi.....	53
6. Kalibrasi suhu sensor DHT22 tahap pertama.....	53
7. Kalibrasi suhu sensor DHT22 tahap kedua.....	55
8. Kalibrasi kelembapan sensor DHT22 tahap pertama.....	56
9. Kalibrasi kelembapan sensor DHT22 tahap kedua	57
10. Validasi suhu sensor DHT22	59
11. Validasi kelembapan sensor DHT22.....	60
12. Perhitungan validitas suhu	74
13. Perhitungan reliabilitas suhu	75
14. Perhitungan validitas kelembapan.....	75
15. Perhitungan reliabilitas kelembapan	76
16. Perhitungan validitas nilai CO ₂	76
17. Perhitungan reliabilitas nilai CO ₂	77
18. Taraf kecepatan respon alat kendali dan <i>monitoring</i>	78
19. Respon sistem dari alat dihidupkan sampai terhubung ke internet.....	78
20. Respon sistem dari terhubung ke internet sampai mengirimkan data.....	79
21. Uji respon sistem aktuator lampu.....	80
22. Uji respon sistem aktuator kipas	81
23. Hasil perhitungan uji keakuratan pengendalian	82

24. Hasil uji rerata waktu pengendalian	83
25. Uji jarak respon pengiriman data	85
26. Uji jarak aktuator lampu	86
27. Uji jarak aktuator kipas	87
28. Perbandingan penggunaan biaya dan kuota Smartfren 9 gb	89

Lampiran

29. Data stabilitas alat kendali dan <i>monitoring</i>	100
30. Data reliabilitas suhu	105
31. Data reliabilitas kelembapan	112
32. Data reliabilitas nilai CO ₂	119
33. Data keakuratan pengendalian alat 1	124
34. Data keakuratan pengendalian alat 2	125
35. Data keakuratan pengendalian alat 3	126

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gudang penyimpanan beras	7
2. Diagram sistem komunikasi data	9
3. Wemos D1 R2	12
4. Sensor DHT22.....	13
5. Sensor Api.....	14
6. Sensor MQ-135	15
7. Motor Servo	16
8. Relay 2 channel	17
9. Modem 4G LTE	17
10. Diagram alir tahapan penelitian	24
11. Diagram alir pemrograman	25
12. Desain alat kendali dan <i>monitoring</i>	26
13. Rancangan alur sistem	27
14. Diagram alir sistem kontrol.....	28
15. Diagram alir transmisi data keseluruhan.....	29
16. Diagram alir transmisi data pada sensor DHT22 dan aktuator	30
17. Grafik sistem stabil dan tidak stabil	34
18. Grafik respon sistem <i>monitoring</i>	35
19. Alat <i>monitoring</i> penyimpanan beras	38
20. Bagian dalam alat <i>monitoring</i> penyimpanan beras	39
21. Bagaian belakang alat <i>monitoring</i> penyimpanan beras.....	40
22. Sistem aliran transmisi data	41
23. Tampilan <i>interface</i> Aplikasi Blynk pada penelitian ini	42

24. Tampilan Aplikasi Blynk pada Google Play Store	43
25. Tampilan awal pada Aplikasi Blynk	43
26. Tampilan <i>Log In</i> pada Aplikasi Blynk	44
27. Tampilan pembuatan proyek baru pada Aplikasi Blynk	44
28. Tampilan pemilihan proyek baru dan <i>device</i> yang digunakan	45
29. Notifikasi email <i>Auth Token</i>	45
30. Tampilan <i>widget box</i>	46
31. Tampilan proyek sesudah dihidupkan	46
32. Tampilan pengaturan awal <i>database Google Spreadsheet</i>	47
33. Mengaktifkan fitur ekstensi pada <i>Google Spreadsheet</i>	47
34. Tampilan ekstensi <i>Google Spreadsheet</i> sebelum diedit	48
35. Program ekstensi <i>Google Spreadsheet</i> setelah diedit	48
36. Alamat web <i>Spreadsheet ID</i>	49
37. Letak <i>copy paste</i> alamat web <i>Spreadsheet ID</i> pada program	49
38. Potongan program tanggal dan waktu pada ekstensi <i>Google Spreadsheet</i>	49
39. Program untuk mengatur pembacaan sensor	50
40. Perintah untuk menerapkan program ekstensi	50
41. Halaman Deployment baru	51
42. Halaman link ID penerapan Deployment baru	52
43. Grafik kalibrasi suhu sensor DHT22 tahap pertama	54
44. Grafik kalibrasi suhu sensor DHT22 tahap kedua	55
45. Grafik kalibrasi kelembapan sensor DHT22 tahap pertama	56
46. Grafik kalibrasi kelembapan sensor DHT22 tahap kedua	58
47. Grafik validasi suhu sensor DHT22	59
48. Grafik validasi kelembapan sensor DHT22	60
49. Tampilan uji kinerja sensor DHT22	61
50. Grafik uji kinerja suhu sensor DHT22	62
51. Grafik uji kinerja kelembapan sensor DHT22	62
52. Grafik uji kinerja sensor MQ-135	63
53. Grafik uji kinerja sensor api	64

54. Grafik pembacaan sensor api	65
55. Grafik stabilitas suhu alat 1	67
56. Grafik stabilitas suhu alat 2	67
57. Grafik stabilitas suhu alat 3	68
58. Grafik stabilitas kelembapan alat 1	69
59. Grafik stabilitas kelembapan alat 2	70
60. Grafik stabilitas kelembapan alat 3	70
61. Grafik stabilitas nilai CO ₂ alat 1	71
62. Grafik stabilitas nilai CO ₂ alat 2	72
63. Grafik stabilitas nilai CO ₂ alat 3	73
64. Grafik stabilitas nilai ADC sensor api ketiga alat	73
65. Grafik jarak tidak mempengaruhi respon pengiriman data	86
66. Grafik perbandingan penggunaan kuota dan biaya masing – masing alat	90
67. Hasil kendali dan <i>monitoring</i> suhu beras	91
68. Hasil kendali dan <i>monitoring</i> kelembapan beras	91

Lampiran

69. Skematik alat kendali dan <i>monitoring</i>	128
70. Desain alat kendali dan <i>monitoring</i>	129
71. Desain alat kendali dan <i>monitoring</i> beserta penyimpanan beras	129
72. Tampilan alat dari beberapa sisi	130
73. Tampilan alat kendali dan <i>monitoring</i> 1	130
74. Tampilan alat kendali dan <i>monitoring</i> 2	131
75. Tampilan alat kendali dan <i>monitoring</i> 3	131
76. Tampilan alat terhubung ke Aplikasi Blynk	132
77. Letak masing – masing alat <i>monitoring</i> pada Google Maps	132
78. Lokasi alat kendali dan <i>monitoring</i> pada uji jarak	133
79. Tampilan <i>database</i> Google <i>Spreadsheet</i> <i>monitoring</i> alat 1	133
80. Tampilan <i>database</i> Google <i>Spreadsheet</i> <i>monitoring</i> alat 2	134
81. Tampilan <i>database</i> Google <i>Spreadsheet</i> <i>monitoring</i> alat 3	134
82. Tampak depan alat <i>monitoring</i>	135

83. Tampak samping kiri alat <i>monitoring</i>	135
84. Tampak samping kanan alat <i>monitoring</i>	136
85. Tampak belakang alat <i>monitoring</i>	136
86. Bagian dalam alat saat <i>monitoring</i> penyimpanan beras	137
87. Servo yang menggerakkan ventilasi alat <i>monitoring</i>	137
88. <i>Exhaust fan</i> alat yang berupa kipas	138
89. Bagian dalam penempatan tiap sensor dan aktuator	138
90. Tampilan penggunaan data alat 1 pada aplikasi Smartfren	139
91. Tampilan penggunaan data alat 2 pada aplikasi Smartfren	139
92. Tampilan penggunaan data alat 3 pada aplikasi Smartfren	139

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat mempermudah kegiatan manusia dalam segala hal. Teknologi yang dikembangkan dapat memungkinkan setiap orang untuk berbagi hanya dengan terkoneksi melalui suatu jaringan baik lokal maupun internet. Dalam kehidupan sehari-hari teknologi tersebut dapat digunakan untuk membantu pekerjaan manusia agar lebih efektif dan efisien, salah satunya dalam bidang pertanian. Perkembangan teknologi di bidang pertanian telah membawa perubahan signifikan dalam cara bercocok tanam, menjadikan sektor ini lebih modern, efisien dan berkelanjutan. Inovasi seperti pertanian presisi, penggunaan drone, sensor, mesin otomatis, pengembangan benih unggul, serta pemantauan atau *monitoring* secara langsung melalui perangkat yang terhubung internet, menjadi kunci utama untuk meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani di era modern.

Perkembangan teknologi diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang ada dalam bidang pertanian, salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah pemantauan ruang penyimpanan produksi pertanian khususnya gudang penyimpanan beras yang menghabiskan banyak waktu karena masih dikerjakan secara manual oleh pekerja. Hal tersebut dinilai kurang efektif karena pekerja harus bolak-balik antar ruang penyimpanan beras hanya untuk mengecek suhu dan kelembapan ruangan dan dapat menghambat pekerjaan lain seperti, mengecek barang keluar dan masuk, mengecek ketersediaan bahan dan lain-lain. Gudang penyimpanan yang cukup besar dan tersebar pada beberapa lokasi tertentu menyulitkan pemantauan data pada setiap lokasi. Sistem *monitoring* yang umumnya dilakukan secara manual hanya memperoleh beberapa parameter dan data *monitoring* yang terbatas, tidak kontinu dan tidak lengkap.

Monitoring pada gudang penyimpanan beras sangat diperlukan, mengingat Indonesia memiliki karakteristik iklim tropis yang memiliki suhu rata - rata berkisar 23 – 33 °C tergantung wilayah dan waktu pengamatan. Kelembapan yang tercatat juga relatif cukup tinggi, umumnya berkisar 65 – 90 % mengikuti pola musim dan suhu yang meningkat. Minimnya alat pengendali suhu dan kelembapan pada gudang penyimpanan beras seperti kipas, blower, AC dan juga ventilasi yang memadai dapat mempercepat kerusakan yang terjadi pada penyimpanan beras karena para pekerja tidak dapat mengendalikan suhu dan kelembapan apabila terjadi lonjakan atau penurunan pada kedua parameter tersebut. Berdasarkan sebuah penelitian tentang perubahan kualitas beras selama penyimpanan mengatakan bahwa beras mengalami penurunan kualitas yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan selama penyimpanan. Pada penelitiannya tersebut ia menggunakan tiga jenis beras berdasarkan beberapa mutu SNI dan beras disimpan dengan suhu relatif penyimpanan 29 – 32 °C dengan kelembapan relatif 65 – 95 %. Hasilnya pada ketiga jenis beras tersebut mengalami penurunan kualitas, baik dari sisi peningkatan jumlah butir patah, butir menir, maupun butir menguning. Hal ini menunjukkan bahwa beras dengan mutu yang baik tetap akan mengalami penurunan kualitas yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan saat penyimpanan. Oleh karena itu, pengaturan suhu dan kelembapan penyimpanan beras sangat penting untuk menjaga kualitas beras (Ratnawati dkk., 2013).

Monitoring pada gudang penyimpanan beras merupakan suatu tindakan untuk mencegah kemungkinan-kemungkinan yang tidak diinginkan seperti kebakaran pada ruang penyimpanan. Hingga saat ini kebakaran pada ruang penyimpanan beras masih banyak terjadi akibat dari kelalaian pekerja. Api yang sulit untuk dideteksi oleh pekerja menyebabkan karung-karung beras yang sangat rentan terhadap api mudah tersambar dengan cepat. Pada tahun 2021 terjadi kebakaran gudang penyimpanan beras di Desa Kedungupit, Kecamatan Sragen Kota, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah yang diduga berasal dari percikan api las yang menyambar karung beras (Tarmy, 2021). Hal-hal tersebutlah yang membuat sebuah gudang penyimpanan memerlukan adanya suatu alat *monitoring* guna mencegah terjadinya permasalahan seperti kebakaran pada gudang.

Upaya untuk memenuhi kebutuhan data *monitoring* pada gudang penyimpanan beras bagi petani, masyarakat umum ataupun suatu perusahaan di bidang pertanian dapat dilakukan dengan mengembangkan sistem *monitoring* yang telah ada. Teknologi yang dapat diaplikasikan pada *monitoring* gudang penyimpanan beras yaitu teknologi *Internet of Things* atau biasa dikenal dengan singkatan IoT. IoT merupakan suatu konsep perkembangan teknologi masa kini yang dilakukan untuk menyambungkan suatu *device* ke internet secara otomatis. Perkembangan teknologi internet, khususnya di bidang IoT masing-masing jarang dikembangkan pada sektor pertanian. Teknologi IoT pada umumnya dikembangkan di bidang keamanan atau media telekomunikasi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Setiawan A. dkk., 2016) mengaplikasikan IoT dalam pembuatan sistem *smarthome*, yaitu teknologi nirkabel yang mampu menghubungkan perangkat-perangkat elektronik yang ada di rumah, sehingga pengguna dapat melakukan *monitoring* dan mengontrol berbagai peralatan yang ada di rumah.

Teknologi IoT diharapkan dapat diterapkan dalam melakukan *monitoring* dengan memanfaatkan sebuah sensor melakukan pengambilan data dari suatu tempat dan dapat diakses dari mana saja melalui aplikasi berbasis *mobile* selama terkoneksi dengan jaringan internet untuk mengendalikan benda lain di suatu tempat. Hal ini memungkinkan untuk melakukan *monitoring* suhu, kelembapan, mengukur nilai CO₂ atau gas berbahaya lainnya, mendeteksi api di dalam ruangan dan mengendalikan aktuator dari jarak jauh melalui perangkat elektronik.

Mikrokontroler WeMos D1 R2 dengan chip ESP8266EX dapat membantu penelitian ini dengan kelebihan dapat terkoneksi dengan Wi-Fi, sehingga dapat terkoneksi dengan internet. Aplikasi teknologi IoT untuk *monitoring* gudang penyimpanan beras diharapkan dapat membantu memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan kebutuhan data di dalam gudang penyimpanan beras sehingga data dapat diperoleh secara cepat dan dapat diakses dimana saja melalui perangkat elektronik.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah pada penelitian ini:

- 1) Bagaimana merancang *monitoring* dengan sistem *Internet of Things* (IoT) pada suatu ruang secara jarak jauh agar lebih efisien?
- 2) Bagaimana merancang sistem *Internet of Things* (IoT) dengan aplikasi Blynk menggunakan aktuator yang terhubung pada perangkat Wemos D1 R2?

1.3. Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis penelitian ini adalah:

- 1) Perancangan sistem *monitoring* untuk gudang penyimpanan beras menggunakan tiga perangkat Wemos D1 R2 yang masing-masing terhubung dengan aktuator dapat terkoneksi pada satu perangkat *smartphone* dan berkerja secara maksimal.
- 2) Setiap sensor pada masing-masing perangkat Wemos D1 R2 diharapkan dapat menampilkan nilai pada aplikasi Blynk dan aktuator yang digunakan dapat bekerja sesuai perintah.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- 1) Merancang alat pengendali suhu dan kelembapan untuk gudang penyimpanan beras menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R2 dan aplikasi Blynk berbasis *Internet of Things* (IoT).
- 2) Menguji nilai stabilitas pembacaan dan kecepatan pengiriman data dari sensor dan aktuator yang digunakan.
- 3) Menguji kinerja alat *monitoring* yang meliputi nilai keakurasian dan respon sistem.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang *monitoring* menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R2 dan aplikasi Blynk berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memaksimalkan kegiatan *monitoring* gudang penyimpanan beras.

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Alat ini berupa *prototype* sehingga tidak dilakukan di gudang penyimpanan beras yang sebenarnya.
- 2) Menggunakan mikrokontroler WeMos D1 R2.
- 3) Menggunakan aplikasi Blynk sebagai platform.
- 4) Sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan kelembapan (DHT22), sensor api (*Flame Sensor*) dan sensor MQ-135 (*Air Quality Sensor*).
- 5) Menggunakan buzzer dan aplikasi Blynk jika ada api dan asap yang terdeteksi maka buzzer akan aktif dan mengirimkan notifikasi pada aplikasi Blynk.
- 6) Aktuator yang digunakan adalah kipas dan lampu.
- 7) Target penggunaan alat *monitoring* ini adalah di ruangan.
- 8) Bahasa yang digunakan yaitu bahasa pemrograman C.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beras

Beras (*Oryza Sativa L.*) merupakan salah satu tanaman pangan utama di dunia dan sebagai makanan pokok bagi lebih dari setengah penduduk dunia khususnya Asia, termasuk Indonesia. Beras merupakan bahan pangan sumber karbohidrat dan mempunyai peran penting dalam asupan gizi (Wei dkk., 2007). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penyimpanan padi/beras yang berdampak pada mutu giling, mutu tanak, mutu rasa, mutu gizi dan nilai komersial beras, seperti perubahan warna beras, meningkatkan beras kepala, volume pengembangan dan penyerapan air selama pemasakan, nasi lebih keras dan tidak lengket. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ratnawati, dkk merekomendasikan penyimpanan beras dengan kelembapan udara di unit penyimpanan harus dijaga serendah mungkin yaitu sebesar $< 65 \%$ dan kadar air $< 14 \%$. Jika kelembapan berada pada level tinggi, maka uap air akan terabsorpsi ke dalam beras, sementara apabila kelembapan turun, maka air akan terdesorpsi keluar dari beras. Koefisien ekspansi higroskopis beras pada saat absorpsi lebih besar daripada saat desorpsi. Perbedaan koefisien ekspansi inilah yang menyebabkan butir beras menjadi retak, apalagi proses absorpsi dan desorpsi ini berlangsung berulang-ulang (Ratnawati dkk., 2013).

2.2. Ruang Penyimpanan

Ruang penyimpanan atau biasa disebut gudang adalah tempat yang secara umum digunakan untuk menyimpan barang dalam jumlah yang sangat besar. Salah satu contoh ruang penyimpanan beras dapat dilihat pada Gambar 1. Penyimpanan sendiri merupakan salah satu tindakan pengamanan yang bertujuan untuk mempertahankan dan menjaga kualitas produk. Namun penyimpanan yang

sembarangan dapat mengakibatkan kerusakan pada bahan-bahan yang kita simpan. Selain tata cara peletakan barang yang kita simpan harus dengan perlakuan khusus, juga keadaan ruangan tempat penyimpanan yang harus sesuai dengan barang yang akan disimpan disana. Banyaknya barang yang rusak sebelum disalurkan kepada konsumen, khususnya bahan produksi pertanian yang mempunyai suhu simpan yang tidak terlalu tinggi. Kerusakan bahan baku ini juga berdampak pada kerugian yang didapatkan oleh produsen karena bahan-bahan yang tersimpan tidak dapat terdistribusikan (Adi, 2014).



Gambar 1. Gudang penyimpanan beras

2.3. Sistem *Monitoring*

Monitoring adalah suatu aktivitas yang dilakukan untuk mengetahui proses jalannya suatu program yang telah dirancang, apakah berjalan dengan baik sesuai dengan yang direncanakan, mengetahui hambatan yang terjadi dan bagaimana cara mengatasi hambatan tersebut (Usman dkk., 2016). *Monitoring* juga dapat diartikan sebagai sebuah teknologi yang menerapkan sistem IoT untuk menampilkan pada layar monitor. Fungsi *monitoring* bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan pemantau perubahan yang berfokus pada proses dan keluaran. *Monitoring* melibatkan perhitungan atas apa yang kita lakukan. *Monitoring* melibatkan pengamatan atas kualitas dari layanan yang kita berikan.

Monitoring bertujuan untuk memastikan apakah suatu proses yang dilakukan sesuai dengan prosedur yang berlaku. Sistem *monitoring* akan mempermudah suatu pekerjaan jika dirancang dan dilakukan secara efektif, dalam sistem ini yang dilakukan *monitoring* adalah ruangan penyimpanan beras secara *real time*.

2.4. Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau biasa dikenal dengan singkatan IoT merupakan suatu konsep perkembangan teknologi masa kini, yang mampu menghubungkan perangkat-perangkat elektronik, untuk dapat melakukan manfaat dan fungsinya secara modern melalui koneksi jaringan internet. *Internet of Things* dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk mengontrol atau *monitoring* terhadap suatu sistem tertentu, dengan proses pengiriman dan penerimaan data dari perangkat elektronik yang terhubung secara terus menerus melalui koneksi internet. *Internet of Things* banyak digunakan dalam berbagai bidang kehidupan, contoh sederhana penerapan *Internet of Things* adalah pada rumah atau gedung tertentu yang dimanfaatkan untuk mengendalikan peralatan elektronik seperti lampu ruangan dengan cara *online* melalui *mobile* menggunakan koneksi internet, pemasangan CCTV disepanjang jalan yang terhubung dengan koneksi internet yang disatukan pada sebuah ruang kontrol dari jarak jauh, dan masih banyak lagi. Pada dasarnya perangkat *Internet of Things* terdiri dari, sensor sebagai media pengumpul data, internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor untuk analisa (Sokop dkk., 2016).

2.5. Sistem Transmisi Data

Transmisi adalah pergerakan informasi melalui sebuah media telekomunikasi. Transmisi memperhatikan pembuatan saluran yang dipakai untuk mengirim informasi, serta memastikan bahwa informasi sampai secara akurat dan dapat diandalkan. Transmisi data merupakan proses pengiriman data dari sumber data ke penerima data melalui media pengiriman tertentu. Misalnya dari perangkat input ke pemroses, pemroses ke *storage*, pemroses ke media output atau bahkan dari suatu sistem komputer ke sistem komputer lainnya. Dua faktor yang

mempengaruhi keberhasilan dari suatu transmisi data yaitu, kualitas sinyal yang ditransmisi dan karakteristik media transmisi (Alaydrus, 2009). Diagram sistem komunikasi data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram sistem komunikasi data

Diagram model komunikasi data sederhana dapat dijelaskan :

- 1) Sumber (*Source*) : Alat ini membangkitkan data sehingga dapat ditransmisikan.
- 2) Pengirim (*Transmitter*) : Pada bagian ini data yang dibangkitkan dari sistem sumber tidak ditransmisikan secara langsung dalam bentuk aslinya namun pada sebuah *transmitter* cukup memindahkan informasi dengan menghasilkan sinyal elektromagnetik yang dapat ditransmisikan dengan beberapa sistem transmisi berurutan.
- 3) Media Transmisi (*Transmission media*) : Merupakan jalur transmisi tunggal yang menghubungkan antara sumber dan tujuan.
- 4) Penerima (*Receiver*) : Pada bagian ini sinyal dari pengirim diterima dari sistem transmisi dan memindahkan bentuk sinyal elektromagnetik menjadi digital yang dapat ditangkap oleh tujuan.
- 5) Tujuan (*Destination*) : Alat ini menerima data yang dihasilkan oleh penerima.

2.6. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC (*Integrated Circuit*) yang menerima beberapa input, kemudian mikrokontroler mengolah sinyal tersebut dan menghasilkan output sesuai dengan isi program yang ada pada input (Chamim, 2012). Mikrokontroler merupakan sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah

mikrokontroler umumnya telah terdapat komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, PLL, EEPROM dalam satu kemasan, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja (Tempongbuka dkk., 2015).

Mikrokontroler banyak terdapat pada peralatan elektronik yang serba otomatis. Mikrokontroler dapat melakukan fungsinya hanya dengan menggunakan daya sebuah baterai, karena dari ukurannya yang kecil sehingga dapat menampung daya yang rendah. Komponen-komponen dari mikrokontroler sangat bervariasi tergantung dari jenis dan fungsi yang terdapat pada mikrokontroler itu sendiri (Putra dkk., 2017). Mikrokontroler terdiri dari prosesor sederhana, *Central Processing Unit* (CPU), memori *Random Acces Memory* (RAM) dan *Read Only Memory* (ROM), port input dan output (I/O), dan perangkat *peripheral* lainnya yang diintegrasikan dalam satu chip (Desyantoro dkk., 2015).

2.7. Wemos D1 R2

Mikrokontroler Wemos D1 merupakan mikrokontroler berbasis ESP8266 yang kompatibel dengan Arduino IDE. Tata letak mikrokontroler ini didasarkan pada desain hardware Arduino standar dengan proporsi yang sama dengan Arduino Leonardo dan Arduino Uno. Mikrokontroler ini kompatibel dengan beragam Arduino Shield (Zulkarnain dkk., 2019). Wemos D1 R2 merupakan *module development board* yang berbasis wifi dari keluarga ESP8266. Modul ini dapat diprogram menggunakan aplikasi IDE Arduino. Meskipun bentuk board ini dirancang menyerupai Arduino Uno, namun dari sisi spesifikasi sebenarnya jauh lebih unggul Wemos D1. Salah satunya dikarenakan inti dari Wemos D1 R2 adalah ESP8266EX yang memiliki prosesor 32 bit. Sedangkan Arduino Uno hanya berintikan 8 bit. Spesifikasi dari Wemos D1 R2 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Wemos D1 R2

No	Spesifikasi Wemos D1 R2	Keterangan
1.	Mikrokontroler	ESP-8266EX
2.	Input Tegangan	3.3V
3.	Pin I/O Digital	11
4.	Pin Analog	1
5.	Kecepatan Clock	80MHz/160MHz
6.	Flash	4 Mbytes

Adapun kelebihan dari Wemos D1 R2 menurut (Ugah & Nnonyelu, 2019) adalah sebagai berikut:

- 1) *Arduino compatible*, yakni dapat diprogram melalui aplikasi Arduino IDE.
- 2) *Pinout compatible* dengan Arduino Uno, yakni pin yang terdapat pada WeMos D1 R2 seperti pada Arduino Uno.
- 3) WeMos D1 R2 dapat berjalan *stand alone*, yakni dapat berjalan tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan. Berbeda dengan modul WiFi lain yang memerlukan mikrokontroler sebagai pengontrol. Dikarenakan WeMos D1 R2 memiliki CPU yang dapat diprogram melalui serial port maupun OTA (*Over The Air*).
- 4) *High Frequency CPU*, yakni WeMos D1 R2 memiliki prosesor utama 32bit berkecepatan 80MHz sehingga lebih cepat dalam mengeksekusi program dibandingkan dengan Arduino Uno yang hanya memiliki prosesor utama 8bit.
- 5) Dukungan *High Level Language*, selain dapat diprogram menggunakan aplikasi Arduino IDE juga dapat menggunakan bahasa program Phyton dan Lua. Gambar Wemos D1 R2 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Wemos D1 R2

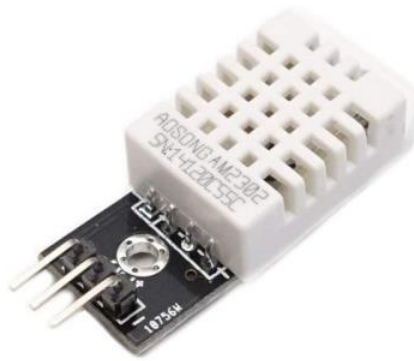
2.8. Sensor

Sensor merupakan perangkat pendukung untuk mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik. Secara umum semua sensor bekerja secara analog. Besaran yang dihasilkan oleh sensor adalah besaran analog, yaitu berupa arus listrik dengan nilai tegangan tertentu. Agar arus listrik yang dihasilkan sensor dapat diproses secara digital maka besaran tersebut harus diubah menjadi besaran digital (Winoto, 2008). Sensor berfungsi mendeteksi sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, dan energi mekanik. Contohnya seperti kamera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR sebagai sensor cahaya, dan lainnya. Pengertian sensor adalah transduser yang berfungsi mengolah variasi gerak, panas, cahaya, magnetis, dan kimia menjadi tegangan serta arus listrik. Sensor juga berfungsi untuk mendeteksi dan mengetahui magnitude. Sensor sendiri sering digunakan sebagai proses pendeteksi untuk pengukuran. Sensor yang sering digunakan sebagai rangkaian elektronik yaitu sensor cahaya, sensor suhu, dan sensor tekanan (Wardhana, 2006).

2.8.1. Sensor Suhu dan Kelembapan

Sensor DHT22 merupakan sensor suhu dan kelembapan relatif dengan keluaran berupa sinyal digital serta memiliki 4 pin yang terdiri dari *power supply*, *data signal*, *null* dan *ground* (Rahmatullah, 2014). DHT22 memiliki akurasi yang lebih baik dari pada DHT11 dengan galat relatif pengukuran suhu 4 % dan

kelembapan 18 % (Saptadi, 2014). Sensor DHT22 berfungsi untuk mendeteksi objek suhu dan kelembapan yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Sensor DHT22 terbuat dari bahan semikonduktor berbentuk variabel resistor. Rentang pengukuran suhu -40 sampai 80 °C (akurasi 0,5). Rentang pengukuran kelembapan 0 sampai 100 % (akurasi 2 %). Rentang catu daya 3,3 – 6 Volt DC (tipikal 5 VDC). Konsumsi arus pada saat pengukuran antara 1 hingga 1,5 mA. Konsumsi arus pada mode siaga adalah 40 sampai 50 mA. Sinyal keluaran digital lewat bus tunggal dengan kecepatan 5 ms / operasi (MSB-first). Sensitivitas sebesar 0,1 % untuk pengukuran suhu dan kelembapan (Juliasari dkk., 2016). Sensor DHT22 dapat dilihat pada (Gambar 4).



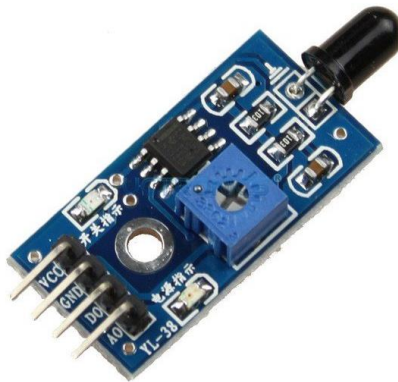
Gambar 4. Sensor DHT22

2.8.2. Sensor Api (*Flame Sensor*)

Sensor api (Gambar 5) adalah sensor yang berguna untuk mendeteksi kehadiran api ataupun kebakaran dengan ketelitian tinggi hingga nyala api sekecil api korek gas dengan berbagai arah dan posisi, sensor api sendiri bisa digunakan diberbagai mikrokontroler. Keuntungan menggunakan sensor api adalah mempunyai sensor temperatur yang linier kalibrasinya langsung, sehingga tidak diperlukan tegangan konstan yang besar dari keluaran skala celcius. Sensor api memiliki berbagai jenis metode dalam mendeteksi nyala api di antaranya dengan detektor ultraviolet, detektor dekat IR, detektor inframerah (IR), kamera termal inframerah, detektor UV atau IR dan lain sebagainya (Susana dkk., 2015).

Sensor api adalah sensor yang ditujukan untuk mendeteksi api dan radiasi. Sensor ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi sumber cahaya dengan panjang gelombang dalam jangkauan 760 nm hingga 1500 nm. Sensor tersebut dapat mendeteksi dari 20 cm hingga jarak 100 cm. Sumber tegangan yang diperlukan adalah 3,3 V – 5 V. Sensor api terdiri dari 4 pin yang terdiri dari pin VCC, pin GND, pin D0, dan pin A0 (Kadir, 2015).

- 1) VCC : dihubungkan ke sumber tegangan 3,3 V – 5 V.
- 2) GND : dihubungkan ke ground.
- 3) D0 : berisi keluaran digital (*HIGH* atau *LOW*).
- 4) A0 : berisi keluaran analog.



Gambar 5. Sensor Api

2.8.3. Sensor Kualitas Udara (*Air Quality Sensor*)

Sensor MQ-135 (Gambar 6) merupakan jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa NH_3 , NO, alkohol, benzol, asap (CO), CO_2 dan senyawa atau kadar gas-gas berbahaya lainnya yang dapat mengganggu kualitas udara dan mengganggu pernapasan manusia. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Penyesuaian sensitifitas sensor ditentukan oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gas-gas. Ketika menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitifitas sangat diperlukan. Selain itu, kalibrasi pendeteksian konsentrasi NH_3 sebesar 100 ppm atau alkohol sebesar

50 ppm di udara. Sensor MQ-135 memberikan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan pada nilai resistensi analog pada pin keluarannya.

Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistensi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Penyesuaian sensitifitas sensor ditentukan oleh nilai resistensi dari MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gas (Rosa dkk., 2020). Spesifikasi sensor MQ-135 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Sensor MQ-135

No	Parameter	Kondisi Teknis	Keterangan
1.	<i>Circuit Voltage</i>	$5V \pm 0,1$	AC atau DC
2.	<i>Heating Voltage</i>	$5V \pm 0,1$	AC atau DC
3.	<i>Load Resistance</i>	Bisa menyesuaikan	
4.	<i>Heater Resistance</i>	$33 \Omega \pm 5 \%$	Suhu ruangan
5.	<i>Heating Consumption</i>	$< 500 \text{ mW}$	
6.	Jangkauan Pengukuran	10 - 300 ppm ammonia, 10 - 1000 ppm benzol dan 10 - 300 ppm alkohol	



Gambar 6. Sensor MQ-135

2.9. Motor Servo

Motor Servo merupakan salah satu bagian penting dalam sistem penggerak yang mampu bekerja secara dua arah. Motor servo terdiri dari sebuah motor, rangkaian *gear*, potensiometer, serta rangkaian kontrol. Potensiometer pada motor servo digunakan sebagai penentu batas sudut dari putaran servo. Motor servo bekerja berdasarkan sinyal kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*). Panjang pulsa PWM menentukan posisi sudut poros motor. Sistem umpan balik memastikan motor mencapai dan mempertahankan posisi yang diinginkan. Jika terjadi gangguan atau beban, motor akan berusaha tetap pada posisi yang ditentukan oleh sinyal kontrol (Rayhan Al Hayubi dkk., 2024). Berikut spesifikasi dari motor servo yang ditampilkan pada (Gambar 7) :

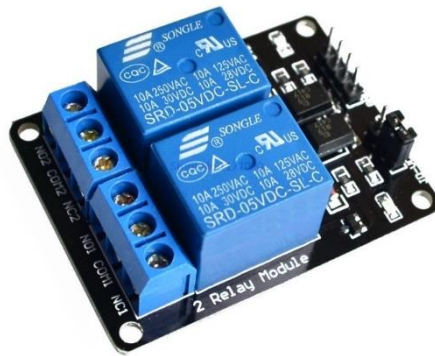
- 1) Memiliki 3 jalur kabel power, *ground* dan *control*.
- 2) Sinyal kontrol mengendalikan posisi.
- 3) Operasional dari motor servo dikendalikan oleh pulsa selebar 20 ms.



Gambar 7. Motor Servo

2.10. Relay 2 Channel

Relay merupakan komponen dalam dunia elektronika yang berfungsi sebagai saklar atau komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. Relay dapat digunakan untuk mengontrol aliran arus listrik pada suatu rangkaian dengan menggunakan sinyal listrik kecil. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC. Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi (Novadi dkk., t.t.). Tampilan dari relay yang digunakan dapat dilihat pada (Gambar 8).



Gambar 8. Relay 2 channel

2.11. Modem

Modem (Gambar 9) berasal dari singkatan Modulator Demodulator. Modulator merupakan bagian yang mengubah sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa (*carrier*) dan siap untuk dikirimkan, sedangkan demodulator adalah bagian yang memisahkan sinyal informasi yang berisi data atau pesan dari sinyal pembawa yang diterima sehingga informasi tersebut dapat diterima dengan baik. Teknologi tersebut adalah sebuah alat navigasi berbasis satelit atau yang lebih dikenal sebagai *global positioning system* (GPS) (Abidin, 2007). GPS merupakan sistem koordinat global yang dapat menentukan koordinat posisi benda dimana saja di bumi baik koordinat lintang, bujur, maupun ketinggiannya. Keuntungan menggunakan modem adalah pengguna dapat memonitoring secara *real time* dimanapun berada baik di rumah ataupun disuatu tempat yang jauh dari lokasi gudang penyimpanan (Sunyoto, 2007).



Gambar 9. Modem 4G LTE

2.12. Aplikasi Arduino IDE

Menurut (Syahwil, 2017), Arduino IDE merupakan sebuah *programming* yang digunakan untuk menulis program dan mengubahnya ke dalam bentuk kode biner lalu di transfer ke dalam memori papan board keluarga Arduino. *Programming* Arduino IDE bersifat *open source* sehingga dapat digunakan semua orang dengan *complimentary*. Arduino IDE dirancang khusus untuk memudahkan para pengguna dalam memprogram Arduino sehingga dapat digunakan untuk berbagai bidang yang nantinya dapat menghasilkan teknologi baru. *Equipment* pada arduino menggunakan prosesor Atmel AVR dan menggunakan Bahasa pemrograman C++ yang mudah dipahami oleh pemula (Prihatmoko, 2018).

2.13. Bahasa C

Bahasa pemrograman C dikembangkan pertama kali oleh Dennis Ritchie pada tahun 1972. Bahasa pemrograman C dibuat untuk tujuan umum, tidak spesifik ke bidang tertentu. Meskipun bahasa C didesain untuk diimplementasikan disistem perangkat lunak, namun bahasa C juga dapat diimplementasikan diperangkat kecil, contohnya HP dan mikrokontroler. Bahasa C memiliki kelebihan daripada bahasa pemrograman yang lain. Alasan utama adalah kedekatan bahasa C dengan mesin. Selain itu juga, bahasa C sangat fleksibel dan dapat di implementasikan hampir disemua perangkat (Zulkarnain dkk., 2019).

2.14. Aplikasi Blynk

Blynk merupakan salah satu platform IoT yang dapat digunakan untuk mengontrol dan memonitor berbagai data dari sensor secara *real time* selama ada jaringan internet. Penggunaan aplikasi Blynk sangat mudah hanya dengan metode *drag and drop widget*. Dengan terhubung ke internet dan koneksi yang stabil membuat kita dapat mengontrol suatu sistem di mana pun kita berada dari jarak jauh dengan aplikasi Blynk. Fitur yang ditampilkan dalam aplikasi Blynk dapat dengan mudah digunakan dan dipahami sehingga tidak perlu waktu lama untuk mengkoneksikan perangkat keras ke Blynk (Dwiyaniti dkk., 2019).

2.15. Rujukan Penelitian

Rujukan penelitian digunakan untuk menambah informasi dan ilmu berkaitan dengan penelitian. Penelitian yang pernah dilakukan yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rujukan Penelitian

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
1	Septama dkk., 2018	<i>Smart Warehouse</i> : Sistem Pemantauan dan Kontrol Otomatis Suhu serta Kelembapan Gudang	Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu melakukan pemantauan kondisi suhu dan kelembapan gudang dan mengirimkan data ke pengguna. Sistem juga mampu mengkondisikan suhu dan kelembapan gudang dengan menyalakan kipas dan pemanas.
2	Ratnawati dkk., 2013	Perubahan Kualitas Beras Selama Penyimpanan	Hasil menunjukkan bahwa kadar air beras jenis A dan B, dengan nilai awal < 13,5 persen, mengalami kenaikan 0,03 persen/hari sampai mendekati 14,5 persen, sementara jenis C, dengan kadar air awal 15,5 persen, relatif konstan. Selain itu, populasi kutu meningkat dengan kecepatan 3 ekor/100g beras/minggu.
3	Budioko, 2016	Sistem <i>Monitoring</i> Suhu Jarak Jauh Berbasis <i>Internet Of Things</i> Menggunakan Protokol MQTT	Pada penelitian ini implementasi protokol MQTT untuk sistem <i>monitoring</i> suhu jarak jauh. <i>Prototype</i> sistem berhasil direalisasikan baik pada Node Sensor maupun Node Monitor. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat melakukan koneksi ke server MQTT lokal maupun server MQTT global, mampu mengirim data (<i>publish</i>) dan menerima data (<i>subscribe</i>).

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
4	Wicaksana dkk., 2018	Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> Suhu Gudang Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT)	Hasil pengujian menunjukkan data suhu yang terdeteksi mendekati suhu ruang yang terukur menggunakan thermometer standar yang dapat dipantau secara online menggunakan <i>smartphone</i> . Demikian halnya status kedua aktuator dapat diketahui apakah sedang aktif (<i>on</i>) atau non aktif (<i>off</i>).
5	Sasmoko & Mahendra, 2017	Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT dan SMS <i>Gateway</i> menggunakan Arduino	Pada jurnal ini akan dibahas mengenai sistem <i>monitoring</i> kondisi ruangan berbasis IoT sebagai alat <i>monitoring</i> realtime. Data <i>monitoring</i> ditransfer ke server aplikasi blynk melalui media internet dalam jaringan Wi-Fi. Kondisi ruangan meliputi suhu, kelembapan udara, kadar gas, prediksi api dan asap dibaca menggunakan sensor dan diolah menggunakan mikrokontroler kemudian ditampilkan melalui aplikasi Blynk.
6	Widodo dkk., 2017	Rancang Bangun Alat <i>Monitoring</i> Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO, CO ₂ dan CH ₄ di dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler	Dari hasil pengujian alat dengan menggunakan sensor MQ 135. kadar gas pengukuran sensor CO, CO ₂ dan CH ₄ menunjukan nilai rata-rata untuk gas CO 0,0562 % dengan nilai tegangan 0,428 Volt, untuk Gas CO ₂ nilai rata-rata 0,0127 % dengan nilai tegangan 0,476 Volt dan nilai rata-rata untuk gas CH ₄ 0,00488 % dengan nilai tegangan 0,364 Volt.

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
7	Noviana, 2018	<i>Prototype Sistem Pendeteksi Kebakaran Gedung menggunakan Metode IoT (Internet of Things) Berbasis Nodemcu</i>	Ketepatan waktu ESP8266 dalam mengirimkan data dan kelembapan dan gas yaitu 1 detik dengan nilai akurasi suhu sebesar 99,9762 % dengan nilai rata-rata ketelitian suhu 96,24 %. sedangkan untuk nilai akurasi kelembapan 99,9644 % dengan rata-rata ketelitian 94,9 %.
8	Rumampuk dkk., 2021	<i>Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruang Berbasis Internet of Things</i>	Hasil dari alat yang dibuat yaitu alat akan mendeteksi jika ada suatu polusi. Hasil bacaan sensor secara <i>real time</i> kemudian di kirim melalui modul wifi ke dalam platform <i>Internet of Things</i> OVoRD dan ditampilkan dalam bentuk web yang mudah dibaca.
9	Taştan & Gökozan, 2019	<i>Real-Time Monitoring of Indoor Air Quality with Internet of Things-Based E-Nose</i>	Hasil yang diperoleh dari pengukuran dalam ruangan, terlihat bahwa penurunan kualitas udara dalam ruangan dipengaruhi oleh jumlah orang di dalam rumah dan emisi alam akibat aktivitas seperti tidur, bersih-bersih dan memasak. Namun, diamati bahwa bahkan ventilasi alami manual setiap hari memiliki efek peningkatan yang signifikan terhadap kualitas udara.
10	Syahririni dkk., 2020	<i>Design Smart Chicken Cage Based on Internet of Things</i>	Hasil pengujian akurasi sensor untuk mengukur suhu dengan sensor DHT22 adalah 97,99 % - 100 % dan untuk mengukur kelembapan dengan sensor DHT22 adalah 97 % - 99,94 %. Untuk pengukuran kadar amonia rata-rata terbesar mencapai 9,33 - 11,33 ppm, dimana terdapat notifikasi peringatan bila gas amoniak lebih atau sama dengan 25 ppm.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2022 - Mei 2022 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (LDAMP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan untuk mendukung proses pengumpulan dan pengolahan data. Alat dan bahan diperlukan guna menunjang pengambilan data serta kelancaran pelaksanaan penelitian.

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Laptop yang telah terinstal aplikasi Arduino IDE, digunakan sebagai alat untuk melakukan penulisan program.
- b) *Smartphone*, digunakan sebagai alat untuk melakukan *monitoring* hasil pengukuran dengan aplikasi Blynk.
- c) Solder, digunakan untuk melakukan penyatuan komponen.
- d) Alat tulis, digunakan untuk mencatat informasi penting yang diperoleh selama proses pengumpulan data penelitian.
- e) Thermohygrometer, digunakan sebagai kalibrator yang dapat melakukan pemantauan suhu dan kelembapan.
- f) Wemos D1 R2, digunakan sebagai mikrokontroler atau pusat kendali alat.
- g) Sensor DHT22, digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan.

- h) Sensor api, digunakan untuk mendeteksi api di dalam ruangan.
- i) Sensor MQ-135, digunakan untuk mengukur nilai kualitas udara.
- j) Kabel jumper, digunakan sebagai penghubung antar komponen.
- k) Breadboard, digunakan sebagai papan rangkaian yang menghubungkan seluruh komponen alat.
- l) Motor servo, digunakan sebagai sistem umpan balik loop tertutup yang mengumpan kembali posisi motor ke rangkaian kontrol motor servo.
- m) Relay, digunakan sebagai saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik.
- n) Modem, berfungsi sebagai perangkat keras yang menyediakan layanan internet pada alat.
- o) *Exhaust fan*, digunakan sebagai aktuator pendingin pada alat.
- p) Lampu, digunakan sebagai aktuator pemanas pada alat.
- q) Aplikasi Arduino IDE, berfungsi sebagai perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan meng-upload program ke papan mikrokontroler Arduino..
- r) Aplikasi Blynk, digunakan sebagai platform untuk melakukan *monitoring* hasil pengukuran sensor.

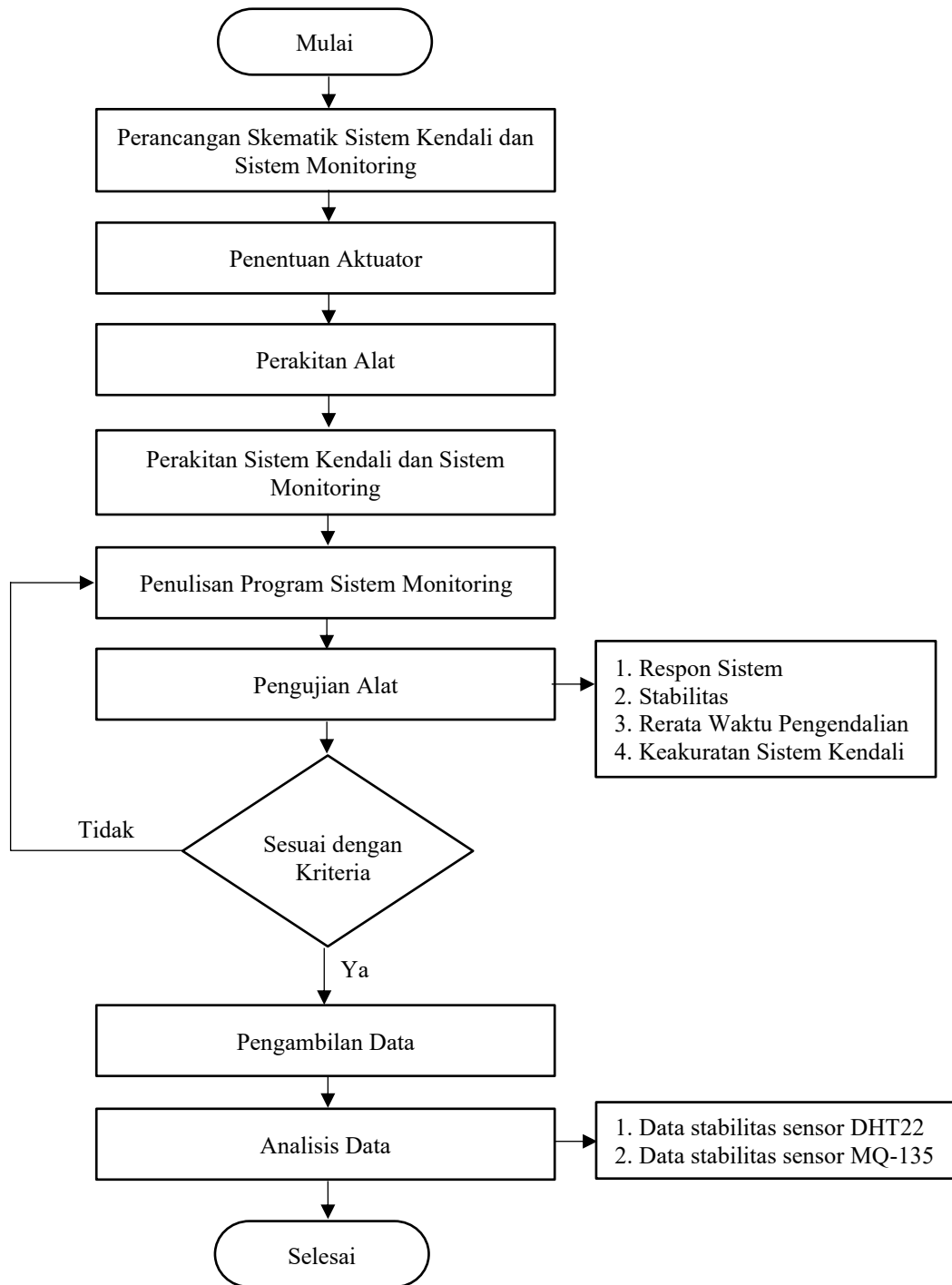
3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Lilin, digunakan sebagai bahan uji kinerja sensor api.
- b) Obat nyamuk, digunakan sebagai bahan untuk menguji sensor MQ-135.
- c) Kayu, digunakan sebagai bahan uji kinerja sensor MQ-135.
- d) Beras, digunakan sebagai objek utama yang dipantau untuk mengetahui kondisi dan menjaga kualitasnya selama penyimpanan.

3.3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu perancangan alat, perangkaian alat, pengujian kinerja alat, pengamatan dan analisis data. Berikut merupakan diagram alir tahapan penelitian ini disajikan dalam Gambar 10.

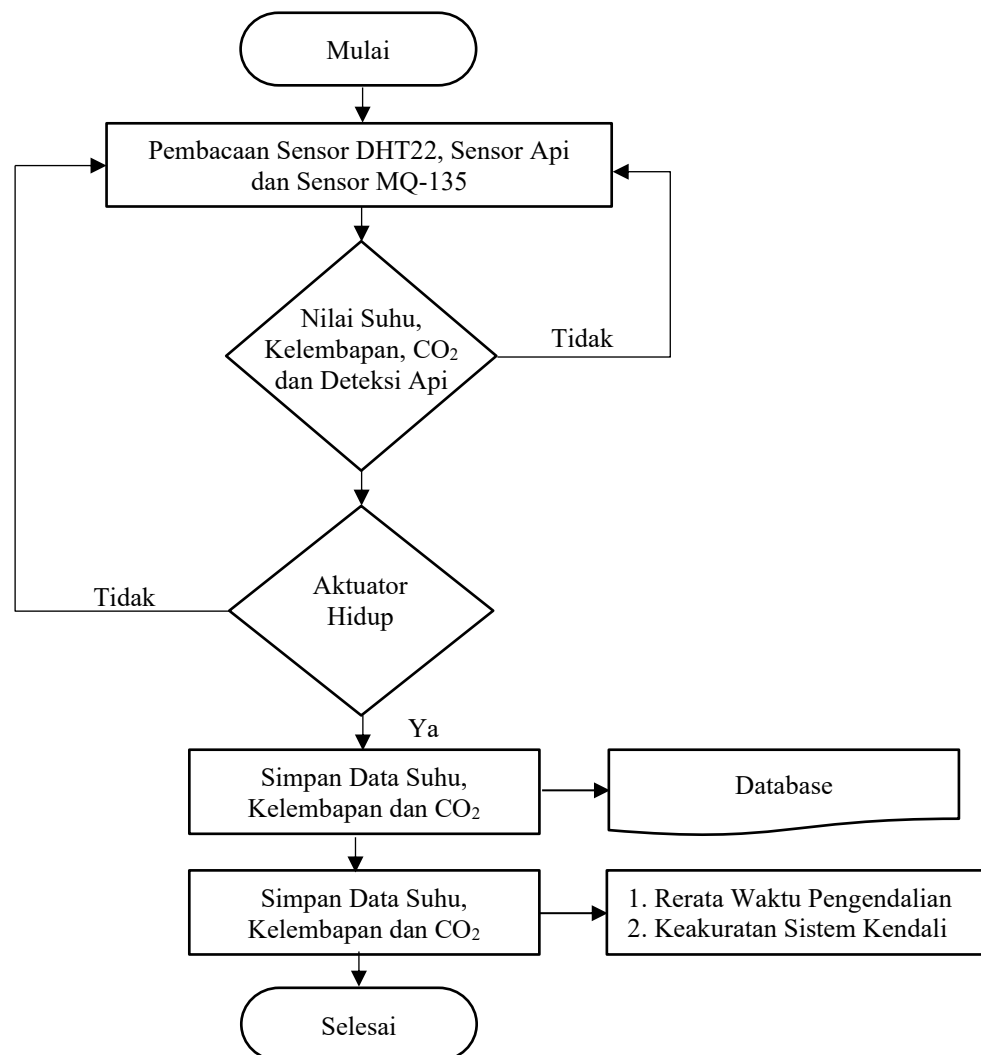


Gambar 10. Diagram alir tahapan penelitian

3.4. Perancangan

Perancangan alat pada penelitian ini meliputi skematik sistem, skematik sensor dan aktuator, penulisan program, serta pemasangan seluruh komponen ke

mikrokontroler. Selanjutnya dilakukan penulisan program menggunakan bahasa pemrograman C dengan bantuan aplikasi Arduino IDE. Setelah menuliskan program, maka dilakukan pengecekan program dengan cara memverifikasi pada aplikasi Arduino IDE. Jika terdapat peringatan setelah memverifikasi, maka program tersebut terdapat kesalahan dalam penulisan. Jika tidak terdapat peringatan, maka program tersebut telah benar dan siap untuk dikirim ke mikrokontroler. Diagram alir pemrograman dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram alir pemrograman

3.4.1. Kriteria Desain

Sistem kendali dan *monitoring* dirancang untuk berkerja secara kontinu sehingga dapat mempertahankan suhu dan kelembapan, mengetahui kualitas udara dan mengetahui adanya api di gudang penyimpanan beras. Alat ini dirancang dapat mempertahankan suhu 31 – 33 °C. Apabila suhu sama atau melebihi 33 °C kipas akan menyala secara otomatis. Apabila suhu berada pada angka sama atau dibawah 31 °C, maka lampu sebagai pemanas akan menyala secara otomatis untuk menaikkan suhu. Selain itu, alat kendali dan *monitoring* ini dirancang untuk dapat mengetahui adanya api yang muncul ditandai dengan adanya buzzer yang berbunyi jika api terdeteksi. Alat ini juga dirancang dapat mengetahui nilai CO₂ untuk mengukur kualitas udara pada ruangan. Selain itu, alat kendali dan *monitoring* ini dapat dikendalikan menggunakan *smartphone* dengan menggunakan aplikasi Blynk. Alat ini terhubung dengan *smartphone* dengan menggunakan jaringan WiFi pada modem. Pada aplikasi Blynk terdapat *display* yang menampilkan suhu dan kelembapan serta tombol untuk mengendalikan aktuator.



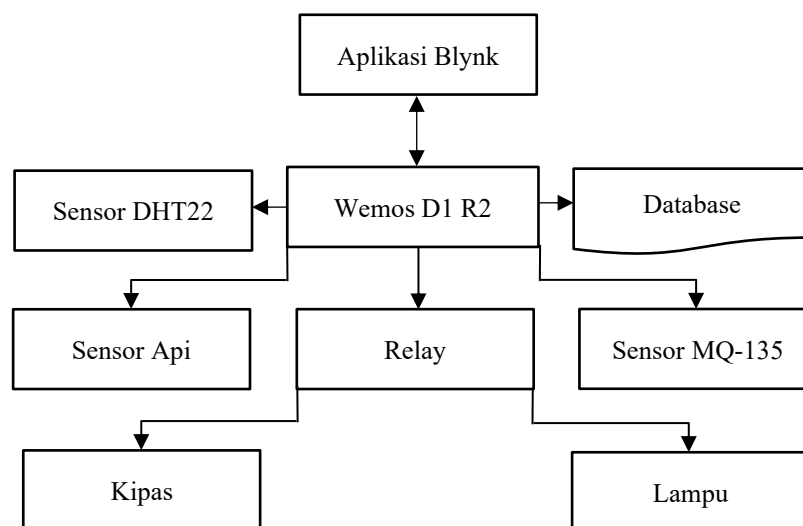
Gambar 12. Desain alat kendali dan *monitoring*

Desain alat kendali dan monitoring untuk penyimpanan beras dapat dilihat pada Gambar 12. Penelitian ini menggunakan *prototype* untuk gudang penyimpanan beras yang berbentuk kubus yang berukuran 40 x 40 x 40 cm. Ruang tersebut terbuat dari bahan kaca akrilik dan triplek. Selain itu, alat *monitoring* tersebut terpasang aktuator seperti lampu sebagai penghangat dan *exhaust fan* untuk

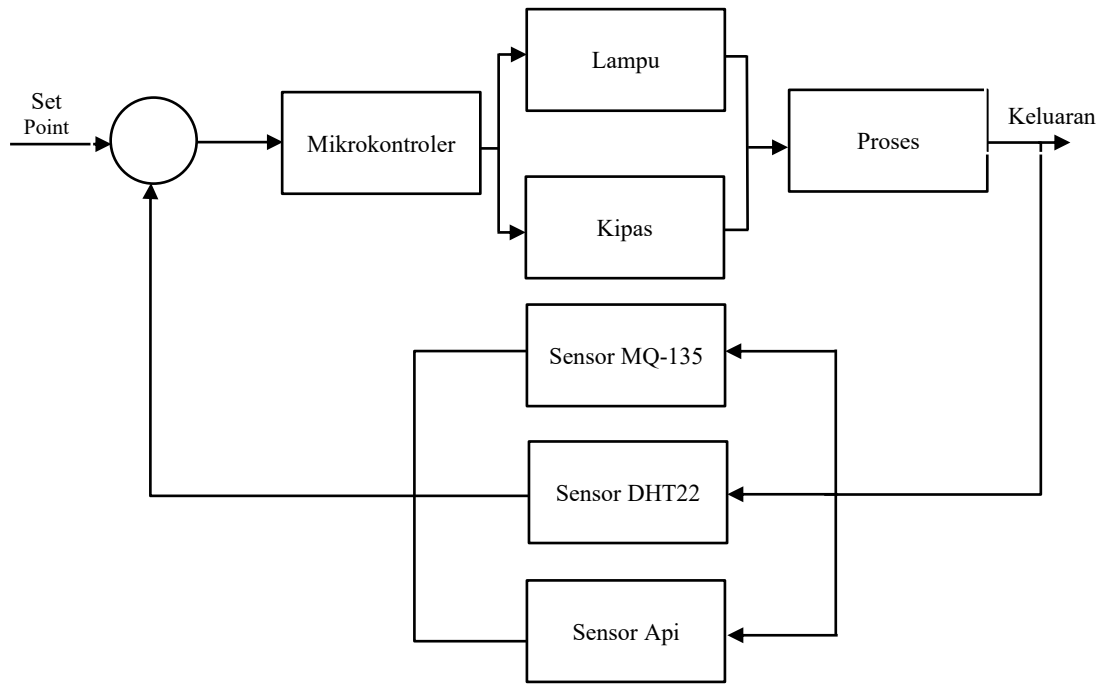
menurunkan suhu ruangan. Di dalam alat *monitoring* juga disematkan sensor DHT22, sensor MQ-135 dan sensor api untuk memonitoring ruangan.

3.4.2. Rancangan Struktural

Proses perancangan terdiri dari beberapa tahap, meliputi membuat ruang sistem *monitoring* dan perakitan sistem. Perancangan sistem *monitoring* menggunakan sistem *prototype*, sehingga alat ini hanya mensimulasikan pengukuran dan *monitoring* ruangan pada *prototype* yang diletakkan di beberapa ruangan. Pada masing-masing ruangan tersebut *prototype* diletakkan dan terpasang sebuah sistem *monitoring*. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Wemos D1 R2 sebanyak tiga buah. Masing - masing mikrokontroler tersebut memonitoring kotak simulasi yang berbeda. Pada mikrokontroler terpasang sebuah sensor DHT22, sensor api, sensor MQ-135, aktuator *exhaust fan* dan lampu. Dalam memonitoring perangkat tersebut menggunakan aplikasi Blynk pada *smartphone*. Rancangan alur sistem dan diagram alir sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Rancangan alur sistem

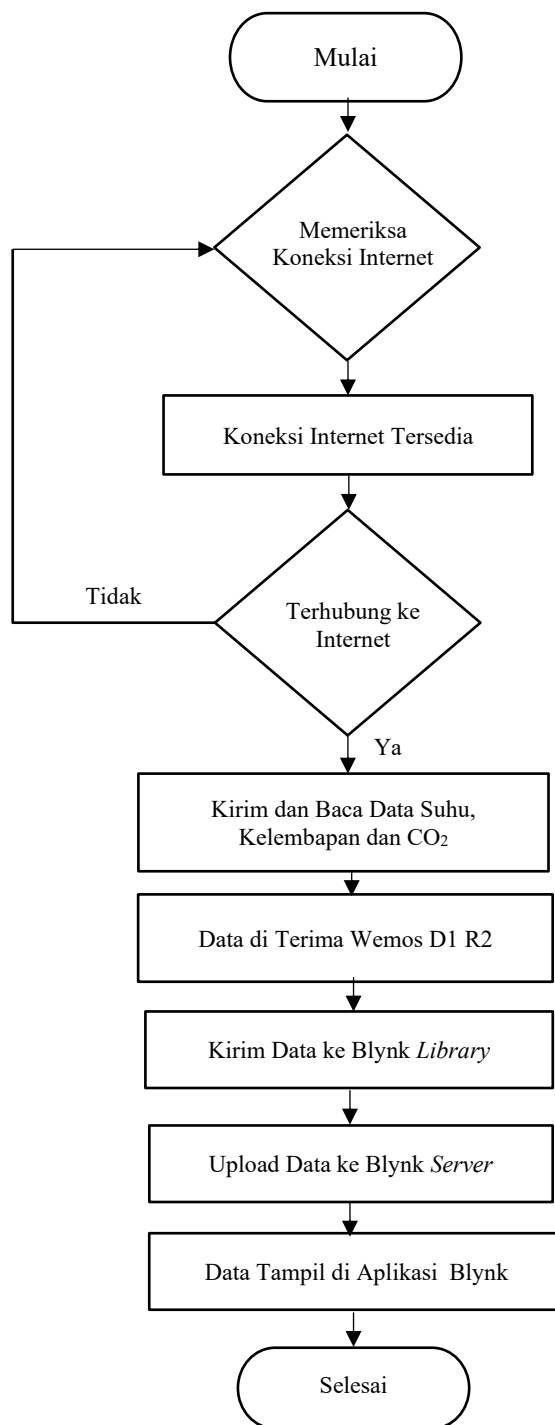


Gambar 14. Diagram alir sistem kontrol

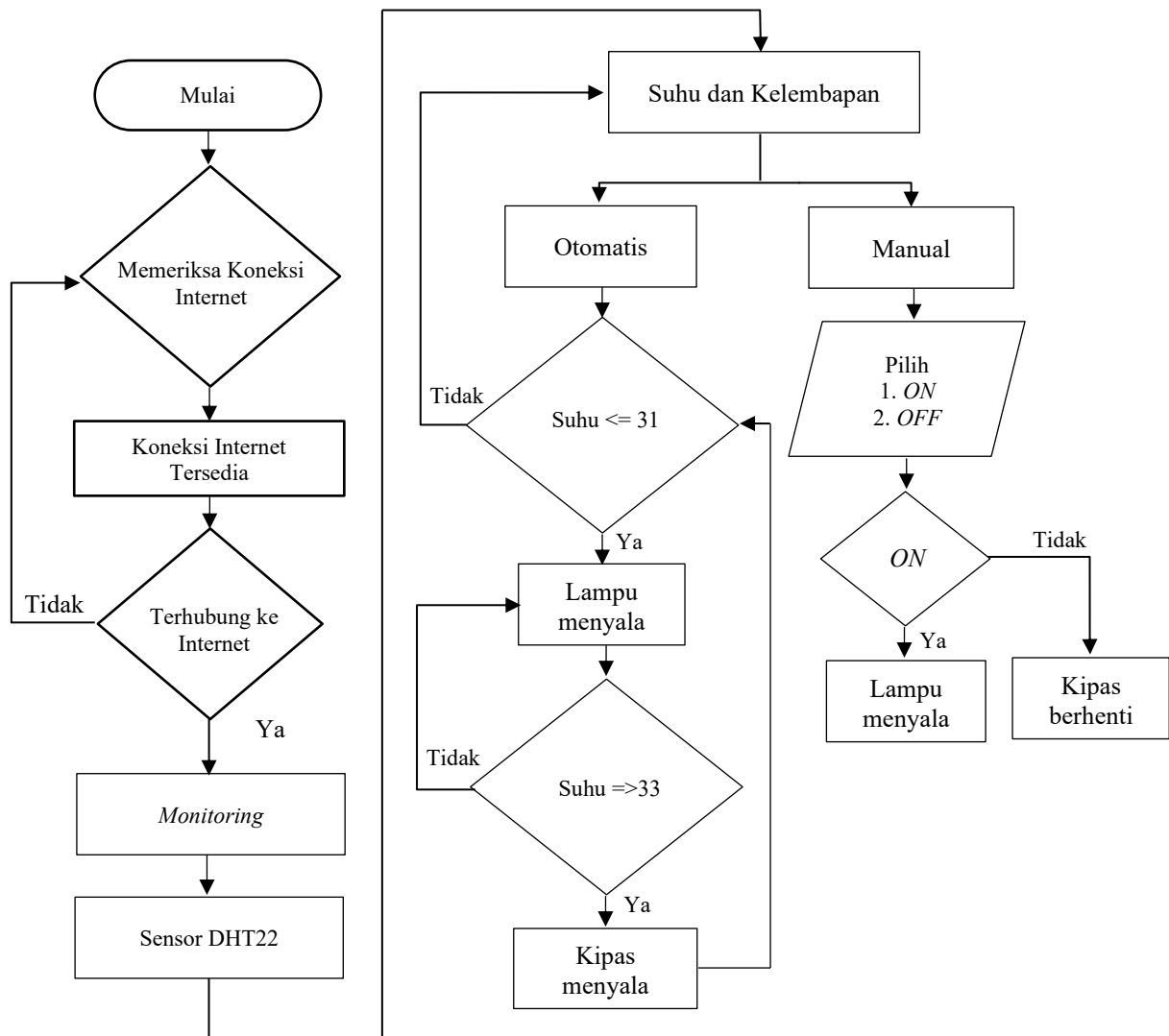
3.4.3. Rancangan Sistem Transmisi Data

Rancangan sistem ini menggunakan bahasa pemrograman Arduino.

Pemrograman yang dibuat adalah pembacaan data sensor, koneksi ke Blynk dan pengiriman data ke Blynk, seperti terlihat pada diagram alir Gambar 15 dan untuk sensor DHT22 pada Gambar 16. Diagram alir pada perangkat lunak dimulai dari deteksi koneksi internet yang terhubung dengan server Blynk. Jika ada koneksi internet, sensor mulai mengirimkan data dan Wemos D1 R2 menerima data tersebut untuk diteruskan ke *server* Blynk. Setelah *server* pada Blynk diperbarui data akan ditampilkan pada aplikasi Blynk di *smartphone*.



Gambar 15. Diagram alir transmisi data keseluruhan



Gambar 16. Diagram alir transmisi data pada sensor DHT22 dan aktuator

3.4.4. Rancangan Tampilan Blynk

Rancangan tampilan pada aplikasi Blynk yaitu berupa tampilan antar muka atau *interface* yang bertujuan untuk memudahkan interaksi pengguna. Tampilan tersebut di desain dengan menambahkan widget sesuai kebutuhan. Ada beberapa pilihan widget yang bisa dipakai dalam pembuatan proyek. Pilihan widget pada aplikasi Blynk cukup beragam, seperti kontroler, *display*, notifikasi dan lain sebagainya. *Monitoring* gudang penyimpanan beras ini menggunakan perancangan tampilan pada aplikasi Blynk menggunakan widget *notification*, *labeled value* untuk menampilkan nilai suhu, kelembapan notifikasi adanya api

dan nilai CO₂ yang terukur pada ruangan tersebut dan tombol *On/Off*. Tombol *On/Off* digunakan untuk menghidupkan dan mematikan lampu.

3.4.5. Rancangan Fungsional

Perancangan sistem *monitoring* berfungsi untuk memonitoring sebuah ruangan. Pada sistem tersebut terdapat sensor DHT22, sensor api dan sensor MQ-135 serta dilengkapi aktuator berupa lampu dan *exhaust fan*. Aktuator dapat dikendalikan secara otomatis ketika terjadi perubahan suhu dan kelembapan. Selain itu, mikrokontroler dapat mengendalikan aktuator secara manual dengan menggunakan widget yang ada pada aplikasi Blynk. Sensor-sensor tersebut akan mengukur nilai suhu, nilai kelembapan, mendeteksi api dan mengukur nilai CO₂ ruangan. Nilai-nilai sensor tersebut dapat dilihat dan di *monitoring* menggunakan aplikasi Blynk pada *smartphone*. Alat ini menggunakan beberapa komponen di antaranya Wemos D1 R2, sensor DHT22, sensor api, sensor MQ-135, relay, modem, lampu dan *exhaust fan*.

a) Wemos D1 R2

Wemos D1 R2 adalah *board* mikrokontroler berbasis ESP8266-12 sehingga memiliki kemampuan untuk terhubung dengan WiFi. Wemos D1 R2 dirancang khusus untuk keperluan *Internet of Things* (IoT). Pada dasarnya sebuah *integrated circuit* (IC) mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih inti prosesor (CPU), memori (RAM dan ROM) serta perangkat *input* dan *output* yang dapat diprogram. Wemos D1 R2 memiliki 11 pin *input* dan *output* pin digital dan 1 pin ADC pin analog, *clock speed* 80 MHz/160 MHz, koneksi *micro USB to USB type A*, *power jack*, tombol *reset* dan operasi daya 5 V.

b) Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan komponen elektronika yang dapat mengidentifikasi suhu dan kelembapan ruangan relatif. Pada dasarnya sensor DHT22 menggunakan kapasitor dan termistor untuk mengukur udara di sekitarnya. Sensor ini mempunyai keluaran berupa sinyal digital. Memiliki 3 pin yaitu pin data atau *output*, ground dan VCC (5 V). Spesifikasi dari sensor DHT22 yaitu

input tegangan 5 V, range pengukuran suhu (-40) sampai 80 °C (*resolution* 0,1 °C dan *error* $\leq \pm 0,5$ °C), range pengukuran kelembapan 0 – 100 % RH (*resolution* 0,1 % RH dan *error* ± 2 % RH) waktu pembacaan 2 detik dan ukuran 15,1 mm x 25 mm x 7,7 mm.

c) **Sensor Api (*Flame Sensor*)**

Sensor api adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi api atau radiasi. Sensor ini juga dapat mendeteksi sumber cahaya yang memiliki panjang gelombang antara 760 - 1100 nm. Infa merah merupakan warna dari cahaya tampak dengan panjang gelombang 700 nm sampai 1 mm. Sedangkan cahaya ultraviolet memancarkan cahaya dengan panjang gelombang sekitar 300 - 400 nm. Sensor ini bisa mendeteksi cahaya tampak, sinar infra merah dan sinar ultraviolet. Sensor api memiliki pin VCC (3,3 – 5 V), GND (*Ground*) , D0 (*Digital Output*) dan A0 (*Analog Output*).

d) **Sensor MQ-135 (*Air Quality Sensor*)**

Sensor MQ-135 adalah sensor yang dapat mengukur nilai kualitas udara seperti gas amonia (NH₃), natrium dioksida (NO), alkohol atau ethanol (C₂H₅OH), benzena (C₆H₆), karbondioksida (CO₂), gas belerang atau sulfurhidroksida (H₂S) dan gas-gas lainnya di udara. Sensor MQ-135 berukuran 32 mm x 22 mm x 27 mm, menggunakan IC LM393, bekerja pada tegangan DC 5V, dapat mengukur konsentrasi 10 - 10000 ppm. Sensor ini memiliki 1 pin analog *output* (AO), 1 pin digital *output* (DO), VCC dan GND.

e) **Motor Servo**

Motor servo merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai penggerak dan mampu bekerja secara dua arah. Berat servo ini sekitar 9 gram, dengan dimensi sekitar 23 mm x 12,2 mm x 29 mm. Kecepatan operasinya berkisar antara 0,1 hingga 0,3 detik per 60 derajat, tergantung sumber dan kondisi tegangan. Servo ini dapat berputar hingga sudut 180 derajat dan dikendalikan menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*), dengan rentang sinyal kendali 0,5 ms hingga 2,5 ms untuk rentang sudut penuh. Kabel servo terdiri dari

tiga warna: merah untuk VCC (4,8–6 V), coklat atau hitam untuk GND dan oranye untuk sinyal kontrol (PWM).

f) Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal (*electromechanical*) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanikal. Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Relay yang digunakan merupakan relay tipe 5 V DC-SL-C dengan tegangan *coil* DC 5 V, tahanan coil 60 - 70 ohm dan jumlah pin 5.

g) Modem

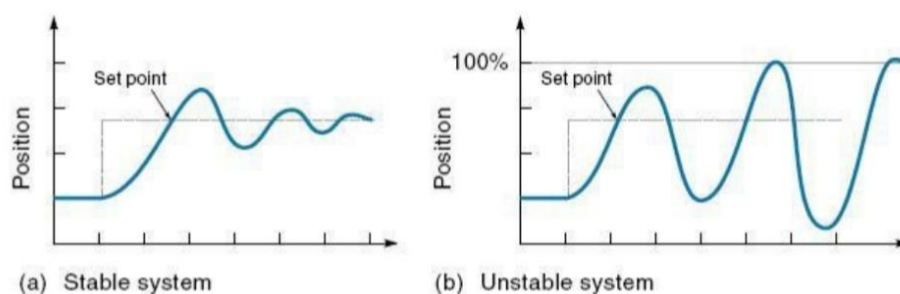
Modem merupakan singkatan dari *Modulator Demodulator* yang dapat diartikan sebagai perangkat keras untuk mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog. Sedangkan WiFi itu merupakan singkatan dari *Wireless Fidelity*, yang berarti jaringan nirkabel yang mampu memancarkan koneksi internet. Modem WiFi adalah sebuah perangkat yang mampu memancarkan koneksi internet tanpa memerlukan kabel. Dengan begitu, pengguna dapat membawanya kemanapun karena sudah mengusung sistem *portable*. Modem jenis ini memiliki spesifikasi yang mendukung kecepatan unduh hingga 500 Mbps dan kecepatan unggah hingga 5,76 Mbps. Modem ini juga dilengkapi oleh microSD dan antena. Modem ini dapat membuat koneksi Wifi sehingga perangkat lain dapat terhubung.

3.5. Uji Kinerja Alat

Uji kinerja alat *monitoring* ini dilakukan dengan cara uji stabilitas, rerata waktu pengendalian, keakuratan pengendalian dan kecepatan respon sistem alat ketika dioperasikan menggunakan aplikasi Blynk.

3.5.1. Stabilitas Alat

Stabilitas pada sistem *monitoring* merupakan hal yang sangat penting dalam pembacaan sensor. Sistem *monitoring* yang stabil yaitu apabila variabel yang dikendalikan selalu berada ataupun mendekati nilai *setpoint*. Sedangkan pada sistem yang tidak stabil dapat diakibatkan oleh kondisi tertentu, sehingga variabel yang dikendalikan bergeser dari nilai *setpoint*. Grafik kondisi stabil dan tidak stabil dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Grafik sistem stabil dan tidak stabil

3.5.2. Reliabilitas Alat

Reliabilitas alat merupakan metode yang digunakan untuk mengukur konsistensi alat yang dilakukan secara berulang. Uji reliabilitas dilakukan untuk memastikan instrumen dalam penelitian dapat diandalkan untuk menghasilkan data yang konsisten sesuai nilai interpretasi yang ditetapkan. Menurut Sugiyono (2012), membagi nilai reliabilitas dengan interpretasi koefisien 0 sampai 1. Klasifikasi koefisien nilai r sebagai berikut :

Tabel 4. Klasifikasi koefisien nilai r

No	Koefisien r	Reliabilitas
1	0,00 - 0,199	Sangat Rendah
2	0,20 - 0,399	Rendah
3	0,40 - 0,599	Sedang
4	0,60 - 0,799	Tinggi
5	0,80 - 1,00	Sangat Tinggi

Persamaan reliabilitas yaitu sebagai berikut:

$$R = \left[\frac{n}{n-1} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sum \sigma_t^2} \right] \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

R = Reliabilitas

n = Jumlah data

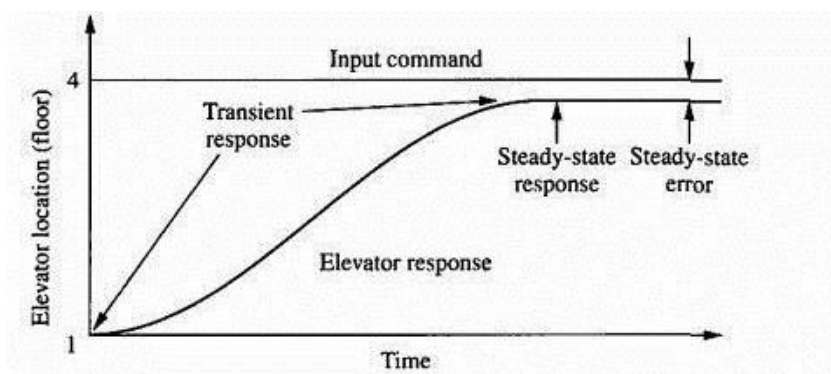
$\sum \sigma_i^2$ = Jumlah varian butir

$\sum \sigma_t^2$ = Jumlah varian total

Perhitungan uji reliabilitas diterima, jika hasil perhitungan r hitung > r tabel 5%

3.5.3. Respon Sistem

Respon sistem dapat memberitahu perubahan perilaku terhadap kecepatan kinerja alat. Respon sistem menunjukkan perubahan kinerja alat dalam bentuk kurva karakteristik yang merupakan dasar untuk menganalisa karakteristik selain menggunakan persamaan matematik (Sepriyawan, 2018). Respon sistem terbagi menjadi dua, yakni respon *steady state* dan *transient*. Respon *transient* merupakan respon sistem yang digunakan untuk mengukur waktu ketika sistem baru pertama kali digunakan (pada titik 0) hingga mencapai *steady state*. Sedangkan respon *steady state* digunakan untuk mengukur waktu respon ketika sistem telah dalam keadaan stabil hingga waktu yang tak terhingga (Prasetyo, 2017). Gambar grafik respon sistem terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik respon sistem *monitoring*

3.5.4. Rerata Waktu Pengendalian

Rerata waktu pengendalian merupakan kecepatan respon alat kendali ketika dikendalikan menggunakan aplikasi Blynk. Data diperoleh dengan cara mengendalikan aktuator dengan aplikasi Blynk dan jumlah data pengukuran yang dihasilkan selama jeda waktu dalam pengendalian. Data hasil pengukuran didapatkan dengan cara mengirimkan hasil pengukuran ke *database*. Berikut persamaan yang digunakan.

$$RWP = \frac{\sum_{i=1}^n Aon\ i + Delay}{n} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

RWP = Rerata waktu pengendalian (menit)

Aon I = Aktuator hidup ke-i (menit)

Delay = Waktu Tunggu (menit)

N = Jumlah data

3.5.5. Keakuratan Pengendalian

Keakuratan pengendalian merupakan pengukuran akurasi pada sensor suhu dan kelembapan terhadap *setpoint*. *Setting point* digunakan untuk mengatur suhu dan kelembapan. Dengan menggunakan cara tersebut dapat digunakan untuk mengetahui persentase akurasi dari sensor. Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui persentase keakuratan pengendalian.

$$Keakuratan = \left(1 - \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n |SP - NA_i|}{n} \right)}{SP} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

SP = Nilai *setting point*

NA_i = Nilai aktual ke-i

n = Jumlah data

3.5.6. Uji Jarak

Uji jarak pada alat kendali dan *monitoring* adalah pengujian yang memastikan sistem dapat mengirim dan menerima data kendali serta *monitoring* secara efektif dari jarak jauh melalui jaringan internet. 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 alat kendali dan *monitoring* dengan user sehingga dapat diketahui besarnya jangkauan untuk *monitoring* dan pengendalian dari sistem alat *monitoring* tersebut. Pada penelitian ini uji jarak bertujuan untuk mengukur respons sistem dalam menerima dan mengirim data kendali serta *monitoring* dari dan ke perangkat yang berada pada jarak jauh melalui jaringan internet. Hal ini penting untuk memastikan bahwa perintah kendali dapat diterima dengan cepat dan data *monitoring* yang dikirimkan akurat dan tepat waktu meskipun perangkat tidak berada dalam jarak fisik dekat

3.6. Analisis Data

Pada penelitian ini data pengukuran suhu, kelembapan dan nilai CO₂ akan disimpan ke Google *Spreadsheet*. Data tersebut akan dimuat setiap 30 detik sekali. Pengukuran suhu, kelembapan dan nilai CO₂ dilakukan selama 7 hari berturut-turut. Hasil data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengetahui stabilitas dan kecepatan respon alat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil rancangan pada penelitian ini berupa alat kendali dan *monitoring* yang dapat terhubung dengan internet sebanyak 3 alat dilengkapi komponen seperti sensor DHT22, sensor MQ-135, sensor api, servo dan juga dilengkapi dengan aktuator *exhaust fan* dan lampu. Alat tersebut dapat terhubung pada aplikasi blynk menggunakan sinyal internet dari modem Smartfren dan menyimpannya ke *database* aplikasi Google *Spreadsheet*.
2. Hasil dari uji stabilitas dan uji kecepatan pengiriman data dari sensor dan aktuator yang digunakan alat *monitoring* sebagai berikut:
 - a. Hasil uji stabilitas suhu, kelembapan dan nilai CO₂ alat 1 sampai 3 yang dilakukan selama 7 hari berturut-turut menunjukkan hasil yang cukup stabil dalam menjaga suhu alat penyimpanan yaitu berada di suhu kamar dengan rentang suhu 31 - 33 °C, rata-rata kelembapan 68% dan rata-rata nilai CO₂ sebesar 420 ppm.
 - b. Hasil dari reliabilitas pada alat *monitoring* untuk penyimpanan beras pada alat 1 sampai alat 3 menunjukkan hasil pengukuran yang reliabel dengan taraf sangat tinggi dalam artian dapat dipercaya.

3. Hasil uji kinerja alat sistem kendali dan moitoring menggunakan aplikasi Blynk sebagai berikut.
 - a. Hasil uji respon sistem alat 1 sampai 3 dari alat dihidupkan dan terhubung ke internet rata-rata yaitu 6,4 detik, sedangkan respon dari alat terhubung ke internet sampai mengirimkan data di aplikasi Blynk rata-rata yaitu 2,26 detik.
 - b. Hasil uji respon sistem aktuator alat 1 sampai 3 menunjukkan respon yang sangat cepat dengan rata-rata taraf kecepatan alat berada <2 detik.
 - c. Hasil dari uji rerata waktu pengendalian (RWP) diperoleh respon waktu yang cepat yaitu dengan rata - rata waktu 4 detik dari ketiga alat.
 - d. Hasil dari uji jarak yang dilakukan pada penelitian ini yaitu jarak tidak berpengaruh pada respon pengiriman data dan respon aktuator, sehingga selama alat memiliki kualitas jaringan yang bagus respon pengiriman data dapat dilakukan dengan cepat.
 - e. Hasil uji keakuratan pengendalian alat 1 sampai 3 diperoleh rata-rata 99,99% untuk setiap *setting point*.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini sebagai berikut.

1. Menggunakan aplikasi *Internet of Things* (IoT) selain aplikasi Blynk.
2. Kotak *monitoring* untuk penyimpanan beras dapat menggunakan bahan yang lebih mendekati kondisi gudang penyimpanan beras sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. A. 2007. *Penentuan Posisi GPS dan Aplikasinya*. Pranya Paramita.
- Adi, Y. M. V. G. P. 2014. *Monitoring Suhu 4 Channel Jarak Jauh Berbasis Arduino Uno*. Universitas Sanata Dharma.
- Alaydrus, M. 2009. *Saluran Transmisi Telekomunikasi*. Graha Ilmu.
- Arikunto, S. 2014. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Azizi, B.N. 2019. *Overclocking Prosesor dan Pengaruhnya Dalam Proses Video Rendering*. Institut Seni Indonesia. Surakarta.
- Budioko, T. 2016. *SISTEM MONITORING SUHU JARAK JAUH BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN PROTOKOL MQTT*. 6.
- Cahyati, C., Nurochmah, T. Y., Santoso, H., & Anggadajaja, E. (2007). Sistem Pengecekan Water Meter Berbasis Internet Menggunakan Wemos D1. *EProceedings KNS & I STIKOM Bali*, 536–540.
- Chamim. 2012. *Mikrokontroler Belajar Code Vision AVR Mulai Dari Nol*. Graha Ilmu.
- Desyantoro, E., Rochim, A. F., & Martono, K. T. 2015. Sistem Pengendali Peralatan Elektronik dalam Rumah secara Otomatis Menggunakan Sensor PIR, Sensor LM35, dan Sensor LDR. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 3(3), 405.
- Dwiyani, M., Wardhani, R. N., & Zen, T. 2019. Desain Sistem Pemantauan Kualitas Air Pada Perikanan Budidaya Berbasis Internet Of Things Dan Pengujiannya. *MULTINETICS*, 5(2), 1–5.
- Fernando D. 2018. Visualisasi Data Menggunakan Google Data Studio. *National Seminar on Information Technology Engineering*, 71–77.
- Juliasari, N., Hartanto, E. D., & Mulyati, S. 2016. *Monitoring Suhu dan Kelembapan pada Mesin Pembentukan Embrio Telur Ayam Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO*. *Jurnal TICOM*, 4(3), 109–113.

- Kadir, A. 2013. Buku Pintar Programmer Pemula PHP. Mediakom. Yogyakarta.
- Kurniawan, F. 2012. Wattmeter Digital Berbasis Mikrokontroler. Jurnal Teknoin, 18(1), 13–25.
- Kurniawan, Y. 2022. Rancang Bangun Penggerak Panel Surya Otomatis Sebagai Sumber Energi Weeder Listrik. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- 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.
- Nurdiyansyah, B., Tharo, Z., & Aryza, S. (2023). Analisa Pemakaian Energi Listrik Pada Gedung Kantor CV. Karya Sembilan Kota Medan. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 12 no. 3.
- Novadi, I., Ganda, J., Hasibuan, S., Wibisono, A., P3), R., Iii, D., & Elektronika, T. (t.t.). Prototipe Pengukur Suhu Dan Pengontrol Kelembapan Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Blynk Android.
- Noviana, A. P. 2018. *Prototype Sistem Pendeeteksi Kebakaran Gedung Menggunakan Metode IoT (Internet of Things) Berbasis Nodemcu* (hlm. 84) [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Maulana Malik.
- Prasetyo, B. D. 2017. *Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis pH Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Mikrokontroler* [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Prihatmoko, D. 2018. Perancangan Sistem *Monitoring* Perangkat Elektronik Rumah Menggunakan Internet. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(1), 279–286.
- Putra, M. F., Kridalaksana, A. H., & Arifin, Z. 2017. Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor Mq-6 Berbasis Mikrokontroler Melalui *Smartphone* Android Sebagai Media Informasi. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 12(1).
- Rahmatullah, W. 2014. *Rancang Bangun Data Logger Berbasis Sensor DHT22 untuk Mengukur Suhu dan Kelembapan Habitat Satwa Herpetofauna Secara Real-Time* (hlm. 1–42) [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Ratnawati, Djaeni, M., & Hartono, D. 2013. Perubahan Kualitas Beras Selama Penyimpanan. *PANGAN*, 22.
- Rayhan Al Hayubi, Salsabila Aulia, Dafairro A. G., Syarif Hidayatullah, & Didik Aribowo. (2024). Implementasi Sistem Penggerak Servo SG 90 Berbasis Arduino Uno dengan Kontrol Sudut Dinamis. *Mars : Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 2(6), 130–140.

- Rianto, Y. 2020. Mendekteksi Gerakan Kamera Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis Iot. (100), pp. 1–28.
- Rosa, A. A., Simon, B. A., & Liento, K. S. 2020. Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *Ultima Computing*, 12, 6.
- Rumampuk, G. C., Poekoel, V. C., & Rumagit, A. M. 2021. Perancangan Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknik Informatika*, 17(1), 8.
- Saptadi, A. H. 2014. Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembapan Antara Sensor DHT11 dan DHT22. *Jurnal Infotel*, 6, 49–56.
- Sasmoko, D., & Mahendra, A. 2017. Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT dan SMS Gateway Menggunakan Arduino. *Simetris : Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 8(2), 469. <https://doi.org/10.24176/simet.v8i2.1316>
- Sepriyawan, A. 2018. *Perancangan dan Analisis Pengaruh Sistem Kendali Fuzzy Logic Terhadap Penggunaan Daya pada Sistem Robot Mobil Line Follower* [Skripsi]. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Septama, H. D., Yulianti, T., Sulistyono, W. E., Yudamson, A., & Atmojo, R. S. T. 2018. Smart Warehouse: Sistem Pemantauan dan Kontrol Otomatis Suhu serta Kelembapan Gudang. *Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi (SeNITiA)*, 4.
- Setiawan A., Mustika I. W., & Adji T. B. (2016). Perancangan Context-Aware Smart Home dengan Menggunakan Internet of Things.
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., & Sompie, S. R. U. A. 2016. Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *EJournal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(3), 13–23.
- Sugiharto & Sitinjak. (2006). Lisrel Edisi Pertama Cetakan Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sugiyono. (2012). Metode Penelitian Pendidikan Kuantitatif kualitatif dan R&D. Alfabeta. Bandung.
- Sunyoto, A. 2007. Pemanfaatan Modul GPS Receiver dan Telepon Selular Untuk Wide Area Vehicle Tracking. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi*, 8.
- Suryabrata, Sumadi. (2004). Metode Penelitian Kuantitatif. PT Rajagrafindo Persada Stoner. Jakarta.

- Susana, R., Nataliana, D., & Atiah, U. 2015. Sistem *Monitoring* Pendeteksi Kebocoran LPG berbasis Mikrokontroller ATmega16 menggunakan RF APC220. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 3(2), 191.
- Syahrurini, S., Rifai, A., Saputra, D. H. R., & Ahfas, A. 2020. Design Smart Chicken Cage Based On Internet Of Things. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 519, 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/519/1/012014>
- Syahwil, M. 2017. *Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroller Arduino*. CV. Pustaka Setia.
- Tarmy, A. 2021. Kebakaran Landa Gudang Beras di Sragen. *Detik News*. <https://news.detik.com/berita-jawa-tengah/d-5661470/kebakaran-landa-gudang-beras-di-sragen>
- Taştan, M., & Gökozan, H. 2019. Real-Time *Monitoring* of Indoor Air Quality with Internet of Things-Based E-Nose. *Applied Sciences*, 9(16), 3435. <https://doi.org/10.3390/app9163435>
- Tempong buka, H., Elia, D., Allo, K., & Sompie, S. R. U. A. 2015. *Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor Pir (Passive Infrared) Dan Sms Sebagai Notifikasi*. 4(6), 10–15.
- Ugah, V. K., & Nnonyelu, C. J. 2019. *A Wemos-D1-R2-Based Remote-Switching Module for Home Internet of Things Applications*. LGT-UNN.
- Usman, R. A., Bambang, H., & Maulana, Y. M. 2016. Analisis Dan Desain Sistem *Monitoring* Dan Evaluasi Koperasi Pada Dinas Koperasi Kabupaten Sidoarjo. *JSIKA*, 5, 1–8.
- Wardhana. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi Hardware dan Aplikasi*. Andi.
- Wei, C., Kwon, O. Y., Liu, X., Kim, H. C., & Yoon, W. K. 2007. Protein profiles of major Korean rice cultivars. *J. Food Science and Nutrition*, 12, 103–110.
- Wicaksana, I. S., Ubaidillah, F. I., Hadi, Y. P., & Wahyu, S. T. 2018. Perancangan Sistem *Monitoring* Suhu Gudang Berbasis Internet of Things (IoT). *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2018)*, 9.
- Widodo, S., Amin, M. M., Sutrisman, A., & Putra, A. A. 2017. Rancang Bangun Alat *Monitoring* Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO, CO₂, dan CH₄ di Dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler. *Pseudocode*, 4(2), 105–119. <https://doi.org/10.33369/pseudocode.4.2.105-119>

- Winoto, A. (2008). *Mikrokontroler AVR ATmega 8/32/16/8535 dan Pemrograman dengan Bahasa C pada WinAVR*. Informatika.
- Yuliansyah, H. (2016). Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture. 10, 2.
- Zulkarnain, Z., Andriana, A., & Rosyada, A. 2019. Pembuatan Prototipe Alat Pemberi Pakan Kucing Otomatis Berbasis Arduino Nano Dan Terintegrasi Dengan Handphone Via SMS. *Jurnal Tiadhirajasa Reswara Sanjayaie*, 16(2), 59–64.