



**RANCANGAN ALAT KONTROL SUHU RUANG *GREENHOUSE*
BERBASIS MIKROKONTROLER NODEMCU**

SKRIPSI

Oleh

**Muhammad Rajib
NIM 171710201019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2023**



**RANCANGAN ALAT KONTROL SUHU RUANG *GREENHOUSE*
BERBASIS MIKROKONTROLER NODEMCU**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Muhammad Rajib
NIM 171710201019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Kasmiadi dan Ibu Rofah, serta ketiga saudara saya Masunatul Mahmudah, Alm. Khiyatul Mila dan Rochmatul Akbar;
2. Almamater tercinta Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

"Barangsiapa yang menginginkan dunia, maka hendaklah ia menguasai ilmu.
Barangsiapa menginginkan akhirat hendaklah ia menguasai ilmu, dan barangsiapa
yang menginginkan keduanya (dunia dan akhirat) hendaklah ia menguasai ilmu"

(HR Ahmad)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Rajib

NIM : 171710201019

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “*Rancangan Alat Kontrol Suhu Ruang Greenhouse Berbasis Mikrokontroler NodeMCU*” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam penulisan terdapat pengutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Maret 2023

Yang menyatakan,

Muhammad Rajib

NIM 171710201019

SKRIPSI

**RANCANGAN ALAT KONTROL SUHU RUANG *GREENHOUSE*
BERBASIS MIKROKONTROLER *NODEMCU***

Oleh

**Muhammad Rajib
NIM 171710201019**

Dosen Pembimbing Utama:

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., IPM.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Rancangan Alat Kontrol Suhu Ruang Greenhouse Berbasis Mikrokontroler NodeMCU*” karya Muhammad Rajib dengan NIM 171710201019 telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Menyetujui
Dosen Pembimbing Utama

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., IPM.
NIP. 196312121990031002

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota,

Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.TP., M.Si., IPM.
NIP. 197407071999031001

Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil.
NIP. 196412311989021040

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian,

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., IPM.
NIP. 196312121990031002

RINGKASAN

Rancangan Alat Kontrol Suhu Ruang *Greenhouse* Berbasis Mikrokontroler NodeMCU; Muhammad Rajib, 171710201019; 2023; halaman; 41; Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Permasalahan di bidang pertanian di Indonesia diantaranya perubahan iklim yang signifikan serta luas lahan yang mengalami penyusutan. Hal ini berdampak pada penurunan angka produktifitas pertanian. Salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan dalam pertanian yaitu dengan budidaya tanaman di dalam *greenhouse*. Namun sistem *greenhouse* sendiri juga perlu penyempurnaan agar sistem berjalan dengan optimal. Optimalisasi pengaturan suhu *greenhouse* tentunya juga memerlukan sistem otomatisasi yang erat kaitannya dengan perkembangan teknologi di bidang elektronika yang dapat membantu manusia secara efektif dan efisien.

Tanaman yang menjadi acuan untuk mengontrol suhu *greenhouse* pada penelitian ini adalah tanaman sawi. Tanaman sawi memiliki suhu optimal 27 °C-32 °C. Penelitian ini bertujuan untuk (1) merancang dan mendesain alat sistem otomatisasi kontrol suhu *greenhouse* untuk tanaman sawi, dan (2) menguji kinerja alat sistem kontrol suhu ruangan pada *greenhouse*. Komponen yang digunakan diantaranya *exhaust fan*, sensor LM35, *relay* dan mikrokontroler nodeMCU yang masing-masing dirangkai dan dilakukan pengujian. Penelitian ini dimulai dari (1) persiapan, (2) perancangan operasional, (3) perancangan fungsional, (4) perancangan struktural, (5) pembuatan rangkaian dan pembuatan program, (6) pengujian dan perbaikan program, (7) peletakan alat, (8) pengambilan data, dan (9) analisis data.

Pengujian sistem kontrol suhu dilakukan pada *prototype greenhouse* dan diaplikasikan secara langsung pada *greenhouse*. Kinerja sistem kontrol suhu yaitu suhu yang dideteksi oleh sensor LM35 dapat terbaca pada *thingspeak* beserta waktu dan grafiknya yang dapat disimpan. *Set point* yang digunakan pada penelitian ini yaitu batas atas 32 °C dan batas bawah 27 °C. Jika suhu berada pada

nilai 32 °C maka *relay* akan menyambungkan arus listrik sehingga *exhaust fan* akan otomatis menyala dan jika suhu berada pada nilai 27 °C maka *relay* akan memutuskan arus listrik sehingga *exhaust fan* akan otomatis mati. Hasil penelitian menunjukkan sistem kontrol suhu telah bekerja dengan baik pada *prototype greenhouse*, *exhaust fan* mampu menurunkan suhu ketika suhu di dalam *prototype greenhouse* telah melebihi *set point*. Namun ketika sistem diaplikasikan pada *greenhouse*, *exhaust fan* tidak mampu menurunkan suhu ketika suhu di dalam *greenhouse* telah melebihi *set point*. Faktor yang mempengaruhi kurang maksimalnya *exhaust fan* dalam menurunkan suhu yaitu jumlah *exhaust fan* dalam *greenhouse*, kapasitas *exhaust fan* dan pengaruh suhu dari lingkungan yang sangat besar, sehingga suhu dalam *greenhouse* sama dengan suhu lingkungan.



SUMMARY

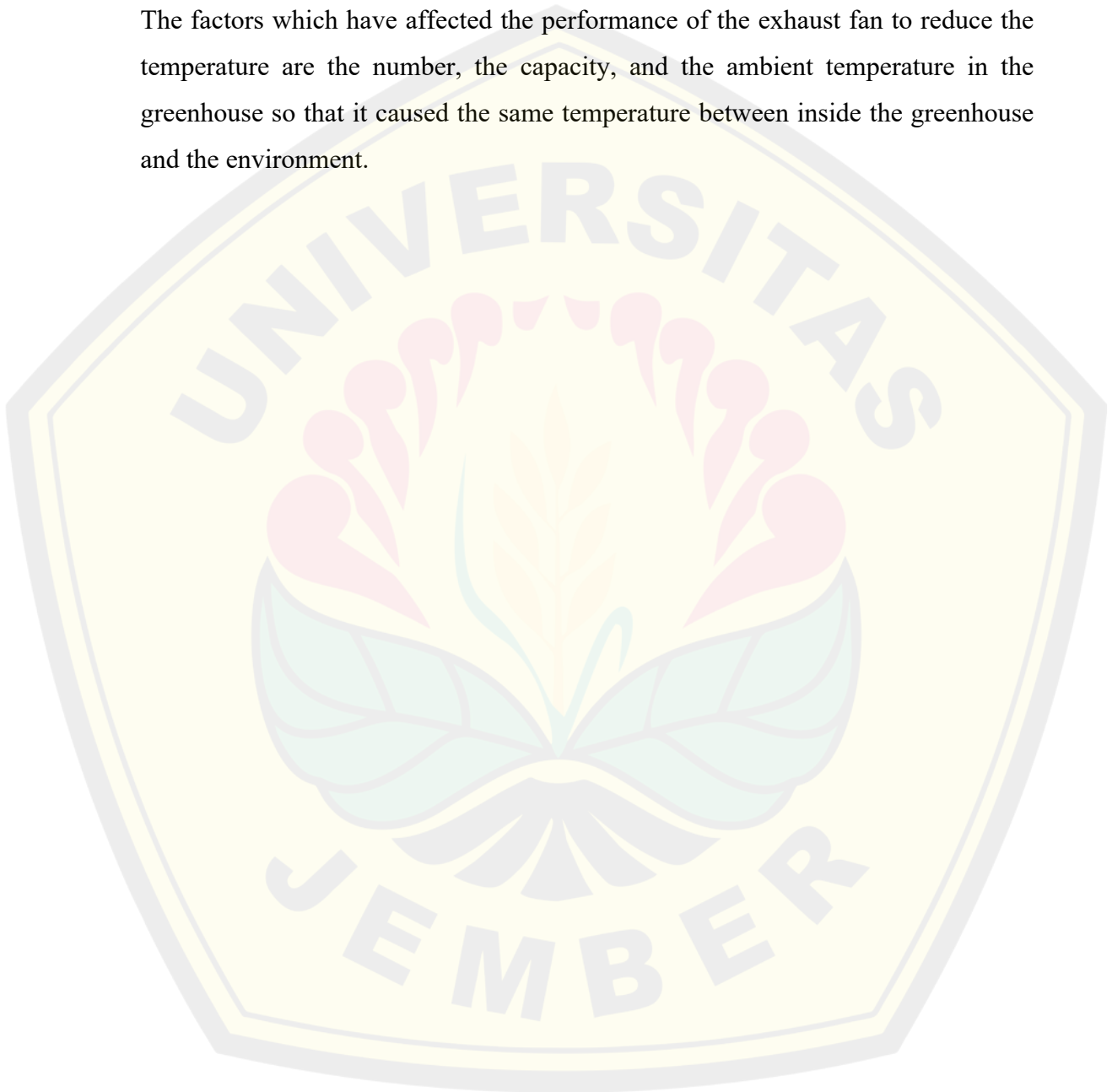
Design of Control Device for Greenhouse Room Temperature Based on NodeMCU Microcontroller; Muhammad Rajib, 171710201019; 2022; 41 pages; Study Program of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

One of the popular problems in agriculture in Indonesia is the extremely changeable climate and decreasing the number of land from time to time. Consequently, it caused low productivity of farmland. Cultivating plants in a greenhouse is an appropriate solution, but the system needs several improvements to optimize the work. The optimization requires an automatic system to improve effectiveness and efficiency. All of that has a strong correlation with the development of electronic technologies.

Mustard greens plant is applied in this research as a matrix of temperature greenhouse controlling system. The plant has an optimum temperature of approximately 27 °C-32 °C. The study aims to (1) plan and design the automatic control system tools for the greenhouse and (2) analyze the performance of those devices. The components of this machine are Exhaust Fan, LM35 Sensor, Relay, and Microcontroller NodeMCU, which are merged and tested. The research begins with (1) preparation, (2) operational planning, (3) functional planning, (4) structural planning, (5) making a prototype and the program, (6) testing and fixing the program, (7) placing the machine (8) collecting the data (9) analysing the data.

The analysis of the temperature control system was applied to the greenhouse prototype and the greenhouse itself. The performance of the temperature control system is the temperature that is detected by the LM35 sensor legible in the thingspeak, including the time and graphics. The set point applied in this research is with a maximal limit of 32 °C and a minimum limit of 27 °C. If the temperature reaches 32 °C or upper, the relay will connect the electric current,

and the exhaust fan automatically turns on. The result elucidates that the temperature control system has dramatically functionated in the Greenhouse prototype the exhaust fan is able to decrease the temperature when it has surpassed the set point. In contrast, when the system is applied in the greenhouse, the exhaust fan cannot decline the temperature which has reached the set point. The factors which have affected the performance of the exhaust fan to reduce the temperature are the number, the capacity, and the ambient temperature in the greenhouse so that it caused the same temperature between inside the greenhouse and the environment.



PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkah, rahmat serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Rancangan Alat Kontrol Suhu Ruang Greenhouse Berbasis Mikrokontroler NodeMCU*” dengan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini banyak mendapat bantuan, bimbingan, dukungan dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Kasmiadi dan Ibu Rofah serta ketiga saudara saya Masunatul Mahmudah, Alm. Khiyatul Mila dan Rochmatul Akbar untuk segala doa dan dukungan dalam menyelesaikan pendidikan di perguruan tinggi;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., IPM. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta memberikan bimbingan, motivasi dan saran selama penyusunan skripsi;
3. Dr. Dedy Wirawan Soedibyoy, S.T.P., M.Si., IPM. selaku ketua dosen penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing penulisan skripsi;
4. Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil. selaku anggota dosen penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing penulisan skripsi;
5. Dr. Ir. Heru Ernanda, M.T., IPU. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing saya selama menjadi mahasiswa di perguruan tinggi;
6. Rufiani Nadzirah, S.T.P., M.Sc. selaku ketua komisi bimbingan yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing penulisan skripsi;

7. Seluruh dosen pengampuh mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama belajar di Jurusan Teknik Pertanian;
8. Seluruh teman-teman TEP-B dan teman-teman TEP angkatan 2017 atas doa dan dukungannya;
9. Keluarga Besar HIMATA dan UKM-O SAHARA yang telah menjadi keluarga saya selama saya kuliah dan tempat berproses dalam berorganisasi yang telah memberikan banyak pengalaman;
10. Chairiyah Umi Rahayu, Essa Tri Handayani dan Amaliya Putri Wahyuni yang telah memberi semangat, motivasi dan menemani mengerjakan skripsi;
11. Teman-teman tim penelitian Dana, Fandy, Ninik dan Tezar yang membantu selama penelitian sampai menyelesaikan skripsi;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, setiap kritik dan saran yang diberikan untuk menyempurnakan skripsi ini akan penulis terima dengan hati terbuka dan berharap dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Jember, Maret 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
COVER	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
SKRIPSI	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Greenhouse	4
2.2 Suhu Optimum Tanaman Sawi	4
2.3 Sistem kontrol suhu greenhouse	5
2.3.1 Sensor LM35	6
2.3.2 Mikrokontroler nodeMCU.....	7
2.3.3 Relay	9
2.3.4 Exhaust fan	10
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12

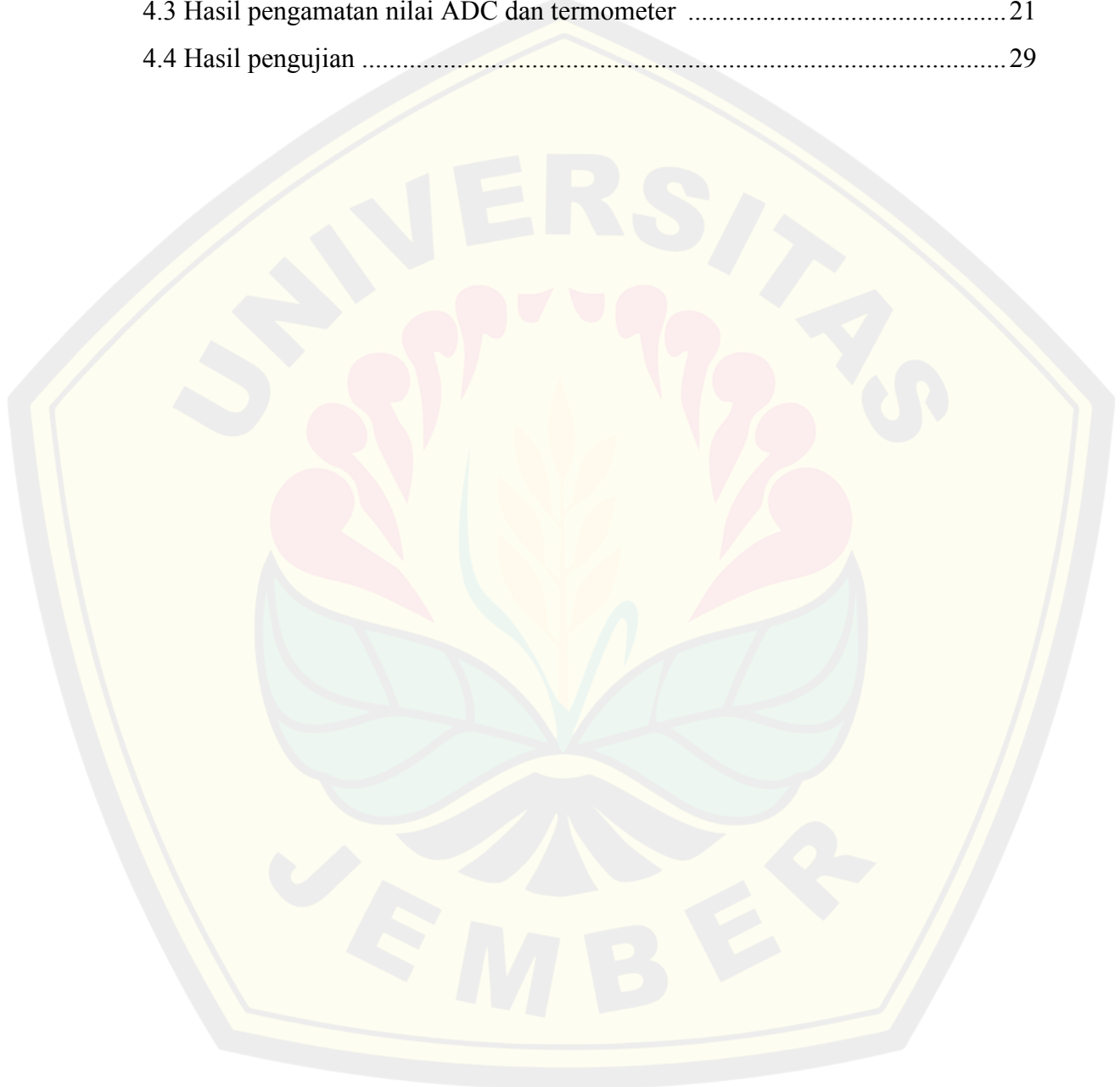
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3 Tahapan Penelitian	13
3.3.1 Persiapan Penelitian.....	14
3.3.2 Perancangan Operasional	14
3.3.3 Perancangan Fungsional	14
3.3.4 Perancangan Struktural.....	15
3.3.5 Pembuatan Rangkaian dan Program.....	16
3.3.6 Kalibrasi	17
3.3.7 Pengujian Rangkaian dan Program.....	17
3.3.8 Pemasangan Alat pada <i>Greenhouse</i>	17
3.3.9 Pengambilan dan Analisis Data.....	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil Rangkaian Sistem Kontrol	19
4.1.1 Sensor LM35	19
4.1.2 <i>Relay</i>	20
4.2 Program Pendahuluan	20
4.3 Kalibrasi Alat	21
4.4 Program Lanjutan	22
4.4.1 Deklarasi Awal	23
4.4.2 <i>Void Setup</i>	23
4.4.3 <i>Void Loop</i>	24
4.5 Rancangan Interface <i>Thingspeak</i>	26
4.6 Pengujian Komponen Sistem Kontrol	27
4.6.1 Program Arduino IDE	27
4.6.2 Mikrokontroler NodeMCU.....	28
4.6.3 Karakteristik Pengukuran	29
4.6.4 <i>Relay</i>	29
4.7 Pengujian Kinerja Sistem Kontrol Suhu	30
4.7.1 Simulasi Sistem pada <i>Prototype</i>	30
4.7.2 Sistem Kontrol Suhu Otomatis	31
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan	34

5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37



DAFTAR TABEL

	halaman
4.1 Konfigurasi pin sensor LM35	19
4.2 Konfigurasi pin <i>relay</i>	20
4.3 Hasil pengamatan nilai ADC dan termometer	21
4.4 Hasil pengujian	29

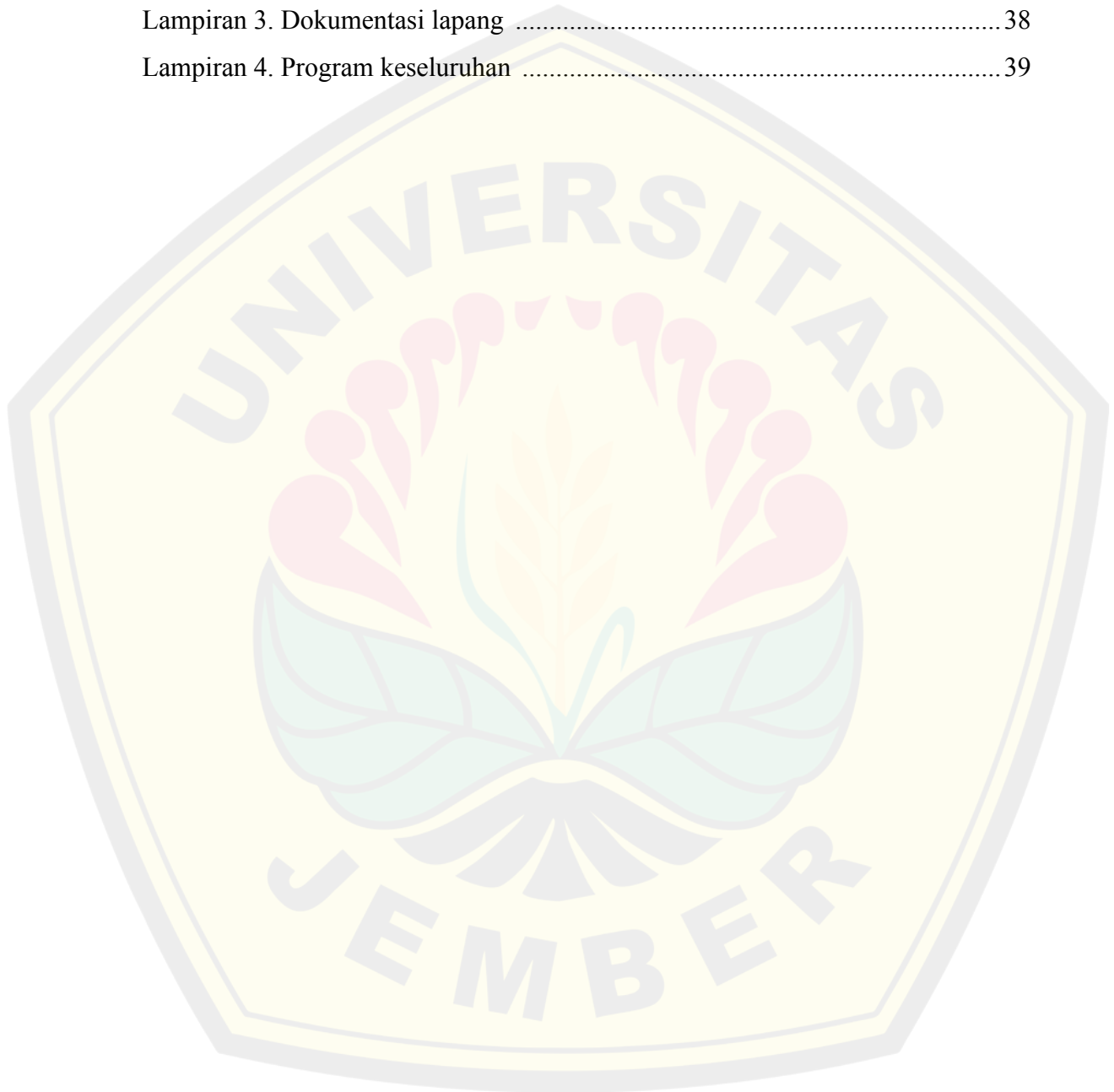


DAFTAR GAMBAR

	halaman
2.1 Sensor LM35 bentuk fisik dan diagram umum.....	7
2.2 NodeMCU.....	8
2.3 Konfigurasi pin nodeMCU.....	9
2.4 Struktur sederhana <i>relay</i>	10
3.1 Diagram alir tahapan penelitian	13
3.2 Dialog blok sistem fungsional	15
3.3 Tata letak komponen pada bangunan <i>greenhouse</i>	16
4.1 Rangkaian komponen sistem kontrol	19
4.2 Hasil regresi nilai ADC dan termometer	22
4.3 Tampilan awal <i>thingspeak</i>	26
4.4 Tampilan data suhu <i>greenhouse</i> pada <i>thingspeak</i>	27
4.5 Pengujian program arduino IDE	28
4.6 Pengujian mikrokontroler nodeMCU	28
4.7 Data suhu <i>prototype</i> tanpa sistem kontrol	30
4.8 Data pengujian sistem pada <i>prototype</i>	31
4.9 Pengujian sistem kontrol suhu otomatis pada <i>prototype</i>	32
4.10 Pengujian sistem kontrol suhu otomatis pada <i>greenhouse</i>	32

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1. Alat dan bahan penelitian	37
Lampiran 2. Rangkaian sistem kontrol suhu ruang <i>greenhouse</i>	38
Lampiran 3. Dokumentasi lapang	38
Lampiran 4. Program keseluruhan	39



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan cuaca membuat para petani banyak mengalami kerugian. Keadaan cuaca yang tidak menentu menyebabkan musim tanam dan panen tak menentu. Petani sulit untuk melakukan prediksi cuaca dalam masa tanam. Hal itu tentunya akan merugikan petani dan menurunkan angka produktifitas pertanian (Tando, 2019). Teknologi *greenhouse* atau rumah tanaman merupakan sebuah alternatif solusi untuk mengendalikan kondisi lingkungan pada tanaman. *Greenhouse* adalah sebuah bangunan kontruksi yang berfungsi untuk menghindari dan memanipulasi kondisi lingkungan agar tercipta kondisi lingkungan yang dikehendaki dan lebih mendekati kondisi sesuai bagi pertumbuhan dan pemeliharaan tanaman (Suhardiyanto, 2009).

Namun sistem *greenhouse* sendiri juga perlu penyempurnaan agar sistem berjalan dengan optimal. Salah satu variabel yang dapat mempengaruhi daya tumbuh tanaman yaitu suhu ruang *greenhouse*. Suhu berpengaruh terhadap laju metabolisme, fotosintesis, respirasi dan transpirasi tumbuhan. Sistem konvensional pada *greenhouse* yang masih menggunakan metode manual untuk mengatur suhu dinilai kurang efektif. Optimalisasi pengaturan suhu *greenhouse* juga memerlukan sistem otomatisasi yang berkaitan dengan perkembangan teknologi di bidang elektronika yang dapat membantu manusia secara efektif dan efisien. Penerapan sistem kontrol *greenhouse* sangat berpotensi khususnya pada seseorang yang memiliki pekerjaan sampingan sebagai petani dan konsep pertanian perkotaan (Marhaenanto dkk., 2013).

Peralatan *greenhouse* yang digunakan untuk mengendalikan iklim mikro disebut aktuator (Marhaenanto dkk., 2013). Penelitian tentang penggunaan aktuator untuk pengendali iklim mikro telah dilakukan oleh Muriyatmoko 2022, tentang sistem perekayasa suhu pada *prototype greenhouse* dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU, sensor DHT11 dan suhu di *greenhouse* dimonitoring melalui aplikasi thingspeak dengan web. Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Shofari tentang pengendalian suhu pada *prototype greenhouse* menggunakan

sensor LM35. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sistem kontrol suhu dengan menggunakan sensor LM35 dan mikrokontroler nodeMCU pada *prototype* serta diterapkan secara langsung pada *greenhouse*. Data suhu ditampilkan pada aplikasi *thingspeak*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem kontrol suhu ketika diterapkan pada *greenhouse*. Tanaman yang menjadi acuan untuk mengontrol suhu *greenhouse* pada penelitian ini adalah tanaman sawi. Pengendaliannya terletak pada pengaturan *exhaust fan* untuk mempertahankan suhu optimal tanaman. Sehingga suhu ruang *greenhouse* dapat diatur secara efektif dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana rancangan alat kontrol suhu *greenhouse* untuk tanaman sawi yang termonitor melalui web?
2. Bagaimana kinerja alat sistem otomatisasi kontrol suhu *greenhouse* untuk tanaman sawi?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah, batasan masalah dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Menggunakan tanaman sawi sebagai acuan untuk mengontrol suhu *greenhouse*.
2. Menggunakan sensor LM35 dan mikrokontroler NodeMCU yang dapat menyalakan *exhaust fan* secara otomatis.
3. Tidak mengamati pengaruh kontrol terhadap pertumbuhan sawi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan batasan masalah, tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Merancang alat kontrol suhu *greenhouse* untuk tanaman sawi.
2. Mengetahui kinerja alat kontrol suhu pada *greenhouse*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan, manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yaitu menambah wawasan dalam penerapan teknologi di bidang pertanian.
2. Bagi Pemerintah yaitu sebagai bahan pertimbangan dalam kebijakan di bidang pertanian.
3. Bagi masyarakat sebagai bahan pertimbangan untuk menerapkan sistem otomatisasi dan kontrol suhu pada *greenhouse*.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Greenhouse*

Greenhouse merupakan suatu bangunan untuk budidaya tanaman yang memiliki struktur atap dan dinding yang bersifat tembus cahaya (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2010 dalam Marhaenanto dkk., 2013). *Greenhouse* bersifat tembus cahaya agar cahaya yang dibutuhkan tanaman dapat masuk ke dalam bangunan dan tanaman terhindar dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan (Suhardiyanto, 2009).

Pengembangan *greenhouse* yang pada dasarnya menginginkan pemenuhan kebutuhan produk pertanian yang berkelanjutan tanpa kenal musim (Abbas dkk., 2015). Menurut (Syah dkk., 2018) menyatakan produk yang baik dan terstandar memerlukan lingkungan pertumbuhan yang baik. Lingkungan terbuka sangat rentan menurunkan hasil produksi pertanian, sehingga penggunaan *greenhouse* terkendali sangat diperlukan.

Menurut (Suhardiyanto, 2009) *greenhouse* pada iklim tropis seperti di Indonesia dibangun dengan tujuan untuk mengurangi intensitas radiasi matahari yang berlebihan. Salah satu adaptasi *greenhouse* yang di bangun di wilayah iklim tropis yaitu dengan adanya bukaan ventilasi baik alamiah maupun buatan. Ventilasi ini berfungsi sebagai penurun suhu di dalam *greenhouse*

Sudut kemiringan atap menentukan sudut datang radiasi matahari yang menjadi komponen penentu proporsi radiasi matahari yang diteruskan oleh atap *greenhouse*. Kemiringan atap disarankan adalah berkisar 27-30°. Penentuan sudut kemiringan atap yang optimal perlu mempertimbangkan radiasi matahari dan kecepatan angin diluar *greenhouse*. Sedangkan orientasi terbaik dimana arah angin banyak berhembus untuk daerah Indonesia yaitu dari arah utara dan arah selatan (Suhardiyanto, 2009).

2.2 Suhu Optimum Tanaman Sawi

Suhu mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Karena suhu berpengaruh terhadap laju metabolisme, fotosintesis, respirasi dan transpirasi

tumbuhan. Tumbuhan memiliki suhu optimum antara 10-38 °C. Suhu adalah pernyataan tentang perbandingan (derajat) atau ukuran panas dan dinginya benda. Suhu sangat menentukan pertumbuhan dan produksi tanaman. Apabila tanaman ditanam di luar daerah iklimnya yang tidak sesuai, maka produktivitasnya sering kali tidak sesuai dengan yang diharapkan. Lingkungan pertumbuhan tanaman dijaga untuk berada atau mendekati kondisi optimum bagi tanaman yang dibudidayakan (As-syakur dkk., 2011).

Tanaman sawi merupakan tanaman sayuran daun dari keluarga *Brassicaceae*. Menurut (Haryanto dkk., 2003) bahwa taksonomi untuk tanaman sawi adalah:

Kingdom : *plantae*
Divisio : *spermatophyta*
Class : *Dicotyledonae*
Ordo : *Rhoeadales*
Famili : *Cruciferae*
Genus : *Brassica*
Spesies : *Brassica juncea L.*

Salah satu jenis sawi yaitu sawi hijau (*Brassica rappa var. parachinensis L.*). Sawi hijau dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di daerah yang suhunya 27 °C – 32 °C (Rukmana, 2007).

2.3 Sistem kontrol suhu *greenhouse*

Dengan kemajuan teknologi proses pengaturan fisis cuaca bisa diatur dengan menggunakan sistem kontrol otomatis sehingga lebih efisien waktu dan tenaga karena *greenhouse* sudah diprogram sedemikian rupa oleh komputer sehingga *greenhouse* akan melakukan fungsinya sesuai apa yang telah diprogramkan (Abbas dkk., 2015). Teknologi *greenhouse* yang modern memiliki kemampuan rekayasa cuaca. Dimana didalam *greenhouse* perubahan cuaca dapat direkayasa diantaranya : suhu udara, durasi penyiraman dan sirkulasi udara (Alwi, 2011).

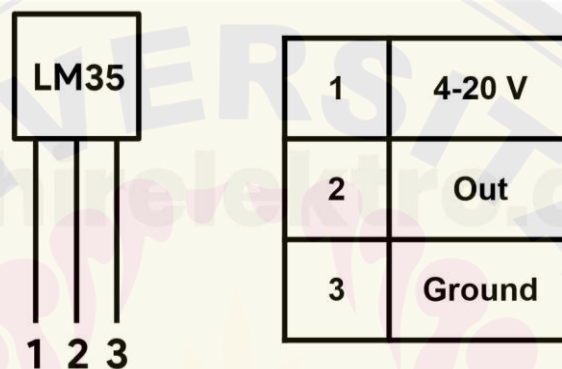
Kontrol otomatis (*close loop*) pada *greenhouse* membutuhkan informasi parameter yang dapat dimanipulasi untuk mengontrol sistem sesuai keinginan (Marhaenanto dkk., 2013). Pada umumnya aktuator yang bekerja secara saklar ON/OFF adalah kipas, pompa, lampu, pemanas, dan *cooling pad*. Penggunaan sistem kontrol *greenhouse* yaitu dengan gabungan dari perangkat lunak dan perangkat keras. Perangkat lunak meliputi penggunaan program akuisisi data berupa perintah untuk mengontrol. Sedangkan perangkat keras umumnya adalah sensor, mikrokontroler, saklar, komponen, dan aktuator. Kegunaan sistem kontrol lingkungan *greenhouse* ini adalah untuk mengontrol parameter iklim mikro seperti suhu, kelembaban, cahaya, dan kebutuhan air yang dapat secara berkala dilihat dengan observasi visual (Marhaenanto dkk., 2013). Komponen yang digunakan untuk sistem kontrol suhu pada *greenhouse* yaitu sensor LM35, mikrokontroler nodeMCU, *relay*, dan *exhaust fan*.

2.3.1 Sensor LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. LM35 berfungsi untuk melakukan pendeteksian terhadap suhu yang akan diukur, Sensor suhu LM35 ini mempunyai jangkauan pengukuran suhu antara 0 – 100 derajat Celcius dengan kenaikan 10 mV untuk tiap derajat Celcius yang berarti bahwa setiap kenaikan suhu (°C) maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mV, dimana output dari LM35 ini yang menyatakan kondisi perubahan dari suhu lingkungan. Setiap terjadi perubahan suhu maka akan terjadi perubahan data output yang dihasilkan, dimana perubahan tersebut berupa perbedaan tegangan yang dihasilkan. Sensor Suhu LM35 ini tidak memerlukan peng-kalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celcius pada temperatur ruang. Komponen ini bekerja pada arus 60 μ A sampai 5

mA serta mempunyai impedansi masukan kurang dari 1. Sensor LM35 sebagai alat deteksi temperatur memiliki karakteristik sebagai berikut (Allo dkk., 2013).

1. Bekerja pada rating tegangan 4V s/d 30V.
2. Pembacaan temperatur berkisar antara 0 °C s/d 100 °C .
3. Dengan setiap perubahan temperatur (°C) maka tegangan output akan naik sebesar 10 mV.
4. Memiliki arus drain kurang dari 60 μ A.
5. Memiliki ketidak-linier-an hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}^\circ$



Gambar 2.1 Sensor LM35 bentuk fisik dan diagram umum

(Sumber : Allo dkk., 2013)

2.3.2 Mikrokontroler nodeMCU

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer* (Chamim, 2012). Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*integrated circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan.

Mikrokontroler tersusun dalam satu chip dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem. Sistem *running* bersifat berdiri sendiri tanpa tergantung dengan komputer sedangkan parameter komputer hanya digunakan untuk download

perintah instruksi atau program. Langkah-langkah untuk download komputer dengan mikrokontroler sangat mudah digunakan karena tidak menggunakan banyak perintah. Pada mikrokontroler tersedia fasilitas tambahan untuk pengembangan memori dan I/O yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Harga untuk memperoleh alat ini lebih murah dan mudah didapat.

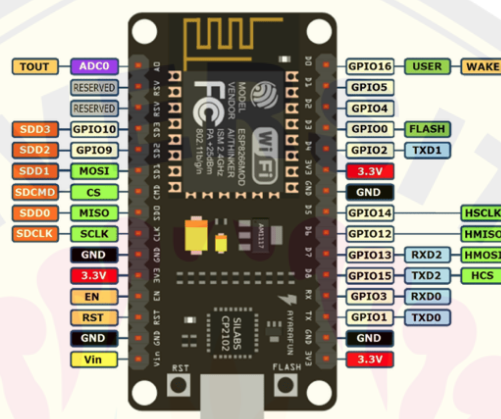
NodeMCU adalah sebuah modul yang berbasis chip dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi). Terdapat beberapa pin I/O sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi monitoring maupun controlling pada proyek IOT. NodeMCU dapat diprogram dengan compiler-nya Arduino, menggunakan Arduino IDE. Bentuk fisik dari NodeMCU, terdapat port USB (mini USB) sehingga akan memudahkan dalam pemrogramannya (Dewi dkk., 2019). Menurut (Artanto, 2018) berikut adalah spesifikasi Node MCU:

- a. Frekuensi wifi 802.11 b/g/n
- b. Prosesor 32-bit • 10-bit ADC
- c. TCP/IP protocol stack
- d. TR switch, LNA, power amplifier dan jaringan
- e. PLL, regulator, dan unit manajemen daya
- f. Mendukung keragaman antena
- g. Wifi 2,4 GHz, mendukung WPA / WPA2
- h. Dukungan STA mode operasi / AP / STA + AP
- i. Dukungan smart link fungsi untuk kedua perangkat Android dan iOS
- j. SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IR, Remote control, PWM, GPIO
- k. STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- l. A-MPDU dan A-MSDU agregasi dan 0,4s guard interval



Gambar 2.2 Node MCU (Sumber : Artanto, 2018)

Modul ESP8266 adalah sebuah chip yang sudah lengkap dimana didalamnya sudah termasuk processor, memori dan juga akses ke GPIO. Hal ini menyebabkan ESP8266 dapat secara langsung menggantikan Arduino dan ditambah lagi dengan kemampuannya untuk mensupport koneksi wifi secara langsung. Tegangan kerja ESP-8266 adalah sebesar 3.3V, sehingga untuk penggunaan mikrokontroler tambahannya dapat menggunakan board arduino yang memiliki fasilitas tanganan sumber 3.3V (Arafat, 2016).



Gambar 2.3 Konfigurasi pin NodeMCU

2.3.3 Relay

Relay adalah alat elektromagnetik yang bila dialiri arus akan menimbulkan medan magnet pada kumparan untuk menarik saklar (switch) agar terhubung, dan bila tidak dialiri arus akan melepaskan saklar kembali. *Relay* merupakan alat elektromagnetik yang sederhana, dapat terdiri dari sebuah kumparan atau selenoida, sebuah inti feromagnetik dan armatur atau saklar yang dapat berfungsi sebagai penyambung atau pemutus arus (Zulfikri dkk., 2017).

Menurut Saleh dan Haryanti (2017) mengatakan *relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Pada dasarnya, *Relay* terdiri dari 4 komponen dasar yaitu 1) *electromagnet*, 2) *armature*, 3) saklar, dan 4) *spring*.



Gambar 2.4 Struktur sederhana *relay* (Sumber : Saleh dan Haryanti (2017))

2.3.4 Exhaust fan

Kipas pembuangan udara (*exhaust fan*) merupakan kipas yang berfungsi untuk menghisap udara di dalam ruangan untuk dibuang ke luar. Alat ini membantu mengatur sirkulasi udara di dalam ruangan baik di rumah maupun industri (Kamelia dkk., 2017). Selain itu *exhaust fan* juga bisa mengatur volume udara yang akan disirkulasikan pada ruang. Supaya tetap sehat ruang butuh sirkulasi udara agar selalu ada pergantian udara dalam ruangan dengan udara segar dari luar ruangan.

Exhaust fan ini biasanya bekerja dengan kecepatan konstan dan ada beberapa yang memiliki fasilitas pengaturan kecepatan secara manual. Apabila dilihat dari segi efisiensi energi, akan terjadi pemborosan daya pada saat kondisi ruangan bersih dan bebas dari asap dalam waktu yang relatif singkat namun berulang-ulang, sehingga tidak efektif apabila harus mengatur kecepatan, mematikan dan menghidupkan kembali secara manual. Semisal pada saat penggunaan ruangan, akan ada jeda waktu ruangan tersebut digunakan atau tidak, namun biasanya walaupun ruangan tersebut tidak digunakan untuk merokok *exhaust fan* tetap berputar atau menyala.

3.4.5 Thingspeak

Thingspeak merupakan sebuah layanan internet berbasis website yang menyediakan layanan untuk pengaplikasian IoT. *Thingspeak* merupakan website

dengan layanan yang berisi aplikasi dan API yang bersifat *open source* untuk menyimpan dan mengambil data dari berbagai perangkat yang menggunakan HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) melalui jaringan internet (Hilmansyah dkk., 2020). Koneksi *thingspeak* dengan perangkat keras relatif mudah, dikarenakan platform IoT telah menyediakan code API yang sudah siap digunakan (Agung dan Ekayana, 2019). Dengan menggunakan *thingspeak*, seseorang dapat membuat aplikasi *logging* sensor, aplikasi pelacakan lokasi, dan jaringan sosial dari segala sesuatu yang terhubung ke internet dengan pembaruan status (Darmawan dkk., 2020).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2021 sampai September 2022. Perancangan alat dan pengolahan data dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Pertanian, sedangkan pengamatan dilakukan di *greenhouse* Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu.

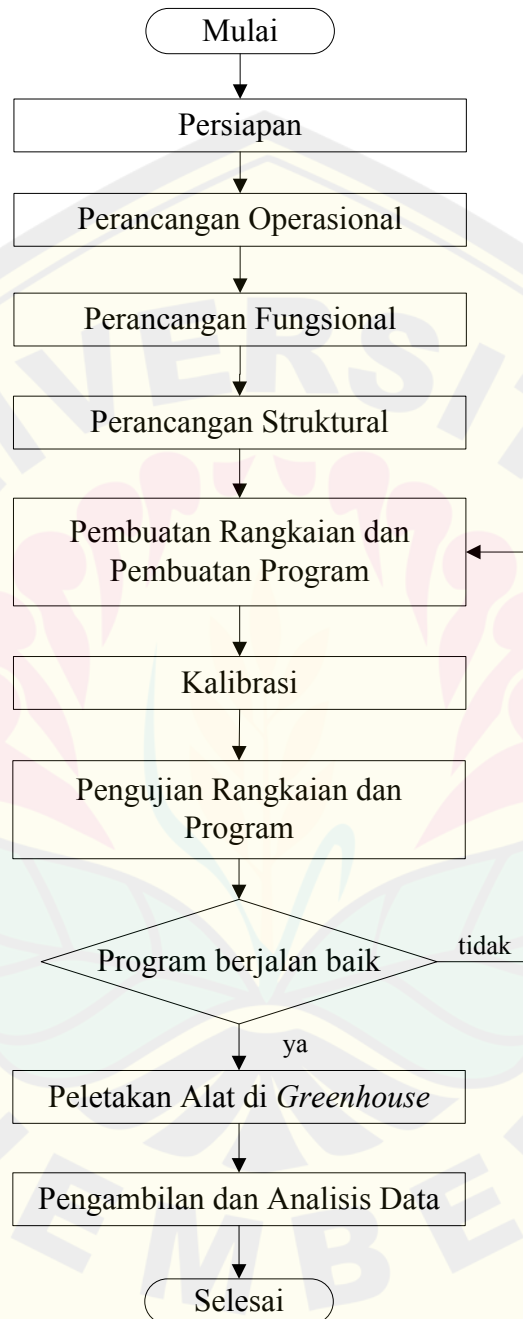
1. Laptop
2. *Software* Arduino IDE, Autocad 2015 dan Microsoft Excel
3. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266
4. *Exhaust Fan* 30 watt 10 inch (Maspion *MV250NEX*)
5. *Sensor* LM35DZ TO-92
6. *Relay*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu.

1. Tanaman Sawi

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang disajikan pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian

3.3.1 Persiapan Penelitian

Persiapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan studi literatur terkait alat, komponen dan bahan yang akan digunakan pada penelitian. Hal ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja alat dan komponen yang digunakan dalam mengontrol suhu serta pemrogramannya pada Arduino IDE. Selanjutnya dilakukan persiapan alat, komponen dan bahan penelitian. Persiapan juga dilakukan pada *greenhouse* dengan membersihkan *greenhouse* serta memastikan *greenhouse* dapat digunakan untuk penelitian.

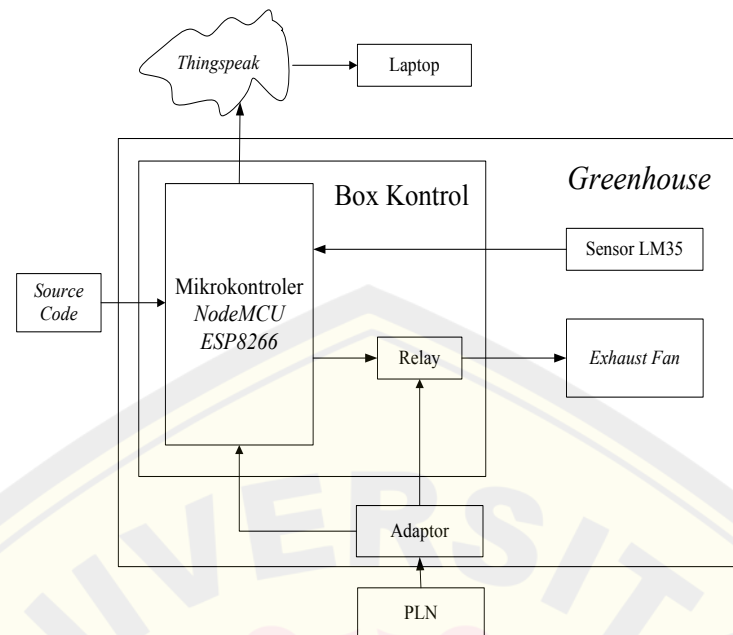
3.3.2 Perancangan Operasional

Secara operasional prinsip kerja alat sistem otomatisasi kontrol suhu pada *greenhouse* adalah sebagai berikut:

1. Suhu dideteksi menggunakan sensor analog LM35.
2. Output sensor dibaca oleh mikrokontroler dan dikonversi menjadi nilai digital 10 bit (0-1023).
3. Nilai digital dikonversi menjadi nilai suhu menggunakan persamaan yang diperoleh dari kalibrasi.
4. Suhu yang terbaca digunakan untuk menentukan hidup dan matinya *exhaust fan* sebagai pendingin.
5. Jika suhu lebih dari 29,6 °C maka *exhaust fan* ON, dan jika suhu kurang dari 29 °C maka *exhaust fan* OFF.
6. Data suhu dan waktu dikirim ke *thingspeak* yang dapat diakses dengan handphone dan laptop.

3.3.3 Perancangan Fungsional

Berdasarkan prinsip kerja pada rancangan operasional, maka diperlukan beberapa komponen pendukung yang dapat digambarkan pada dialog blok sistem fungsional pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Dialog blok sistem fungsional

Fungsi dari setiap komponen yang digunakan yaitu sebagai berikut :

- a. Sumber listrik berfungsi sebagai sumber energi listrik yang dibutuhkan untuk menjalankan komponen-komponen yang digunakan pada otomatisasi kontrol suhu.
- b. Mikrokontroler *NodeMCU ESP8266* sebagai pengendali sistem.
- c. *Source Code* berfungsi sebagai perintah untuk mengatur fungsi setiap komponen sistem yang akan dijalankan sesuai rancangan.
- d. Sensor LM35 berfungsi sebagai pendeteksi suhu pada ruang *greenhouse*.
- e. *Relay* berfungsi sebagai saklar untuk memutus dan menyambungkan aliran listrik pada *exhaust fan*.
- f. *Exhaust Fan* berfungsi untuk mensirkulasi udara panas yang ada di dalam *greenhouse* dan dibuang ke luar *greenhouse*.

3.3.4 Perancangan Struktural

Secara struktural, rancangan alat otomatisasi kontrol suhu pada *greenhouse* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.3.



Keterangan :

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1. <i>Exhaust Fan</i> | 3. Sensor LM35 |
| 2. Box Kontrol | 4. Tempat Tanaman Sawi |

Gambar 3.3 Tata letak komponen pada bangunan *greenhouse*

Dalam *greenhouse* terdapat box kontrol, sensor LM35 dan tempat penanaman sawi. Sedangkan di luar *greenhouse* ada *exhaust fan*. Rangkaian mikrokontroler terdapat di box kontrol sebagai tempat untuk komponen-komponen seperti mikrokontroler nodeMCU, *relay* dan RTC yang terhubung langsung dengan aliran listrik. Sensor LM35 digantung di atas tanaman sawi, sehingga sensor lebih sensitif terhadap perubahan suhu pada ruang *greenhouse*. *Exhaust fan* terdapat di atas belakang dan depan *greenhouse* untuk membuang udara panas yang berada di dalam *greenhouse*.

3.3.5 Pembuatan Rangkaian dan Program

Skema rangkaian dibuat menggunakan *software* fritzing. Pada *software* fritzing ditentukan pin mikrokontroler mana saja yang akan disambung ke beberapa komponen yang akan digunakan. Konfigurasi pin berpengaruh terhadap program yang akan dibuat. Setelah skema rancangan rangkaian dibuat, komponen-komponen yang digunakan pada otomatisasi kontrol suhu *greenhouse* dirangkai sesuai skema yang ada di *software* fritzing.

Pembuatan program pada mikrokontroler *NodeMCU* menggunakan *software* Arduino IDE 1.8.5 berbasis bahasa pemrograman C. Program berfungsi sebagai

perintah untuk menjalankan beberapa komponen yang digunakan pada otomatisasi kontrol suhu ruang *greenhouse*.

3.3.6 Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan persamaan konversi dari nilai keluaran ADC (*analog digital converter*) yang terbaca oleh mikrokontroler menjadi nilai suhu. Alat dikalibrasi dengan thermometer digital. Cara pengambilan data kalibrasi dengan mencelupkan sensor LM35 dan sensor thermometer digital pada cairan (minyak) yang diberi perlakuan suhu (dipanasakan atau didinginkan). Hasil nilai ADC (*analog to digital converter*) dibandingkan dengan suhu pada thermometer, kemudian diolah menggunakan metode regresi linier sehingga didapatkan rumus dari perbandingan tersebut.

3.3.7 Pengujian Rangkaian dan Program

Komponen yang sudah terangkai dan pemrograman pada *software* Arduino IDE perlu pengujian untuk mengetahui rangkaian dapat berjalan dengan baik dan sesuai yang diinginkan. Rangkaian dan program dapat dikatakan berjalan dengan baik apabila:

1. program pada *software* Arduino IDE telah berhasil *diverify* dan *upload*;
2. rangkaian dan program dapat mengontrol suhu pada *greenhouse* sesuai dengan *set-point* yang ditentukan;
3. sensor LM35 dapat mendeteksi suhu pada *greenhouse* dan *relay* dapat menyambung dan memutuskan aliran listrik untuk menyalakan atau mematikan *exhaust fan*. Apabila suhu lebih tinggi dari *set-point* maka *exhaust fan* akan menyala (*ON*) dan ketika suhu di dalam *greenhouse* sudah sesuai dengan *set-point* maka *exhaust fan* akan mati (*OFF*);
4. dan yang terbaca dapat muncul pada *thingspeak* yang sudah ada pada laptop.

3.3.8 Pemasangan Alat pada *Greenhouse*

Pada tahap peletakan alat yang telah diuji dan dilakukan perbaikan ketika program tidak berjalan dengan baik, selanjutnya dipasang pada *greenhouse* yang didalamnya telah terdapat tanaman sawi. Alat dan komponen seperti Box kontrol, sensor LM35 dan *exhaust fan* diletakkan sesuai dengan rancangan struktural yang

telah dibuat seperti pada Gambar 3.3 Peletakan alat di *greenhouse* harus tepat dan benar agar alat dapat bekerja secara optimal.

3.3.9 Pengambilan dan Analisis Data

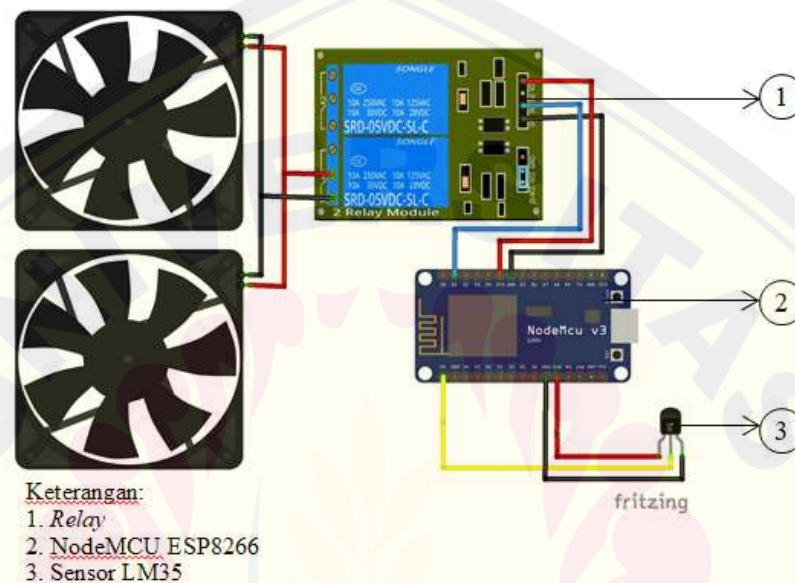
Data yang diambil pada penelitian ini yaitu data suhu ruangan *greenhouse* serta kinerja alat setiap detik dan setiap berubahnya suhu. Pengambilan dan analisis data dilihat melalui *thingspeak* yang diakses melalui laptop dengan mengamati *exhaust fan* sudah bekerja sesuai *set point* yang ditentukan atau tidak. Data yang diambil pada pengujian sistem yaitu data suhu, waktu, status on/off *exhaust fan*.



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rangkaian Sistem Kontrol

Sistem kontrol suhu pada tanaman sawi menggunakan beberapa komponen, antara lain: 1) nodeMCU ESP8266, 2) sensor LM35, dan 3) *relay*. Rangkaian komponen sistem kontrol pada *software* fritzing dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rangkaian komponen sistem kontrol

Komponen-komponen pada Gambar 4.1 dihubungkan dengan port nodeMCU ESP8266 yang telah diprogram pada *software* Arduino IDE. Berikut penjelasan komponen yang dihubungkan pada nodeMCU ESP8266.

4.1.1 Sensor LM35

Pada sistem kontrol suhu, komponen sensor LM35 berfungsi mendeteksi nilai suhu pada *greenhouse*. Sensor LM35 memiliki nilai keluaran berupa nilai analog, sehingga perlu dikonversi menjadi nilai digital. Sensor dihubungkan dengan jumper dan kabel sepanjang 3 meter untuk diletakkan diatas rak tanaman dalam *greenhouse*. Berikut merupakan konfigurasi pin sensor LM35.

Tabel 4.1 Konfigurasi pin sensor LM35

Pin sensor LM35	Port nodeMCU
Vcc	3V3
Vout	A0
GND	GND

4.1.2 Relay

Pada sistem kontrol suhu, *relay* berfungsi untuk memutus dan menghubungkan arus listrik pada *exhaust fan*. *Relay* yang digunakan yaitu *relay 4 channel*, namun yang digunakan untuk memutus dan menghubungkan arus listrik pada *exhaust fan* hanya 1 *channel*.

Tabel 4.2 Konfigurasi pin *relay*

Pin Relay	Port NodeMCU
VCC	3V3
GND	GND
IN 1	D1

4.2 Program Pendahuluan

Pemrograman pada Arduino IDE menggunakan bahasa C yang ditulis pada *sketch* kemudian di-*compile* dan di-*upload* ke mikrokontroler NodeMCU ESP2866. Berikut ini merupakan program pendahuluan.

```
const int LM_35 = A0;
int val = 0;
float temp = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  val = analogRead(pinSensor);

  Serial.print("Nilai ADC :");
  Serial.print(val);
  delay(1000);
}
```

Kalibrasi sensor diawali dengan pembuatan program pendahuluan. Program pendahuluan menampilkan keluaran nilai ADC pada sensor LM35 dengan besaran

nilai 0-1023. Nilai ADC yang dihasilkan dari program pendahuluan ditampilkan melalui serial monitor pada Arduino IDE dengan pengulangan waktu selama 1 detik.

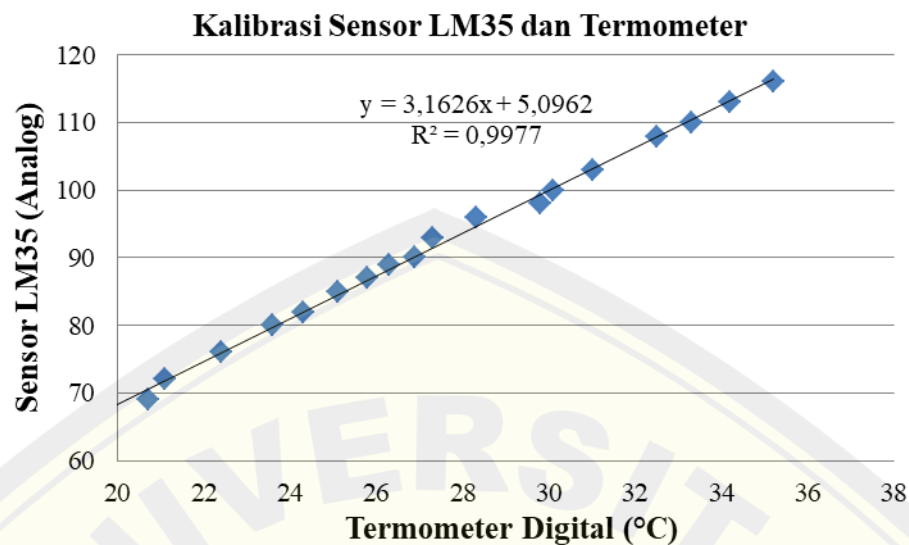
4.3 Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat dilakukan dengan membandingkan nilai ADC (*analog to digital converter*) yang terbaca oleh mikrokontroler dengan nilai analog dan suhu thermometer dengan satuan ($^{\circ}\text{C}$). Data yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan metode regresi sehingga diperoleh rumus persamaan dari perbandingan tersebut. Hasil persamaan tersebut kemudian dimasukkan kedalam penulisan koding program, agar pembacaan sensor sesuai dengan nilai suhu sebenarnya. Hasil pengamatan nilai ADC (*analog to digital converter*) dan thermometer digital dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengamatan nilai ADC dan termometer

No	Thermometer Digital ($^{\circ}\text{C}$)	Nilai ADC
1	35,2	116
2	34,2	113
3	33,3	110
4	32,5	108
5	31,0	103
6	30,1	100
7	29,8	98
8	28,3	96
9	27,3	93
10	26,9	90
11	26,3	89
12	25,8	87
13	25,1	85
14	24,3	82
15	23,6	80
16	22,4	76
17	21,1	72
18	20,7	69
19	19,8	67
20	18,6	64

Berikut grafik regresi antara nilai ADC dan termometer.



Gambar 4.2 Hasil regresi nilai ADC dan termometer

Dalam banyak masalah regresi yang melibatkan prediksi atau pendugaan, pada umumnya akan ditentukan berapa nilai y yang bersesuaian bila nilai x diberikan. Namun, juga dapat terjadi sebaliknya yaitu akan ditentukan berapa nilai x yang bersesuaian bila nilai y diberikan. Permasalahan ini lebih dikenal dengan regresi kebalikan (inverse regression). Berdasarkan Gambar 4.2 grafik persamaan regresi linear menunjukkan nilai $Y = 3,1626x + 5,0962$ dan $R^2 = 0,9977$. Besarnya nilai R^2 menunjukkan besarnya hubungan antara variabel bebas (thermometer digital) dengan variabel terikat (nilai ADC). Nilai regresi diinversi menjadi $x = \frac{(y - 5,0962)}{3,1626}$. Persamaan tersebut nantinya dimasukkan kedalam penulisan program pada pemrograman lanjutan untuk mengubah nilai ADC sensor menjadi nilai suhu ($^{\circ}\text{C}$).

4.4 Program Lanjutan

Pemrograman lanjutan digunakan untuk menulis program secara keseluruhan. Penulisan program disesuaikan dengan komponen yang digunakan dan sesuai posisi pin portnya sehingga komponen-komponen dapat berjalan sesuai perintah. Pemrograman komponen pada penelitian ini diantaranya untuk membaca keluaran sensor suhu, mengontrol *relay* dan mengirim data dari mikrokontroler ke *thinkspeak* sebagai *interface* yang dapat diakses pada laptop dan *handphone* dari

jarak jauh. Pemrograman ditulis pada *software* Arduino IDE yang memiliki dua fungsi (*void*) yaitu *void setup* dan *void loop*. Sebelum penulisan dua fungsi (*void*) diperlukan deklarasi awal pada program. Berikut merupakan deklarasi awal dan dua fungsi (*void*) yang digunakan pada pemograman alat kontrol suhu *greenhouse*.

4.4.1 Deklarasi Awal

Deklarasi awal berfungsi untuk mendeskripsikan variabel-variabel yang digunakan pada program utama dan menambahkan *library* yang dibutuhkan untuk menjalankan program utama. Berikut merupakan program deklarasi awal.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>

#define pinSensor A0
#define pinRelay1 D1

//thingspeak setting
String apiKey = "YTMVTY59SREDZV2C";
const char* resource = "/update?api_key=";
//Hostpot
const char* ssid = "Andromax-M2Y-0398";
const char* pass = "27418237";
const char* server = "api.thingspeak.com";
int val = 0;
float temp = 0;

WiFiClient client;
```

4.4 2 Void Setup

Void setup berfungsi untuk menginisialisasi variabel-variabel yang sudah di deskripsikan pada program deklarasi awal. Pada *void setup* variable yang diinisialisasi yaitu sensor LM35, koneksi mikrokontroler ke jaringan *WiFi*, dan *relay*. Berikut merupakan program *void setup*.

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid,pass);

  while(WiFi.status()!=WL_CONNECTED){
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");

  pinMode(pinSensor, INPUT);
  pinMode(pinRelay1, OUTPUT);

  delay(1000);
}

```

4.4.3 Void Loop

Void loop berfungsi untuk menjalankan program secara terus menerus. Pada *void loop* terdapat perintah untuk menyalakan dan mematikan *exhaust fan* menggunakan *relay* sesuai *set point* yang telah ditentukan. Selain itu, ada perintah untuk mengirim data dari mikrokontroler ke *thinkspeak*. Data nilai suhu yang diterima pada *thinkspeak* memiliki interval waktu 15 detik sekali. Berikut merupakan program *void loop*.

```

void loop() {
  val = analogRead(pinSensor);

```

```
temp = ((val-5,0962) /3,1626);
```

```
Serial.print ("Nilai Suhu :");
```

```
Serial.print(temp);
```

```
Serial.println(" Celcius");
```

```
if(temp>=27){
```

```
digitalWrite(pinRelay1,HIGH);
```

```
}
```

```
if(temp<=32){
```

```
digitalWrite(pinRelay1,LOW);
```

```
}
```

```
if (client.connect(server,80)) // "184.106.153.149" or api.thingspeak.com
```

```
{
```

```
String postStr = apiKey;
```

```
postStr += "&field1=";
```

```
postStr += String(temp);
```

```
postStr += "\r\n\r\n";
```

```
client.print(String("GET ") + resource + apiKey + "&field1=" + temp + "
HTTP/1.1\r\n" + "Host: " + server + "\r\n" + "Connection: close\r\n\r\n");
```

```
client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
```

```
client.print("Connection: close\n");
```

```
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
```

```
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
```

```
client.print("Content-Length: ");
```

```
client.print(postStr.length());
```

```
client.print("\n\n");
```

```
client.print(postStr);
```

```

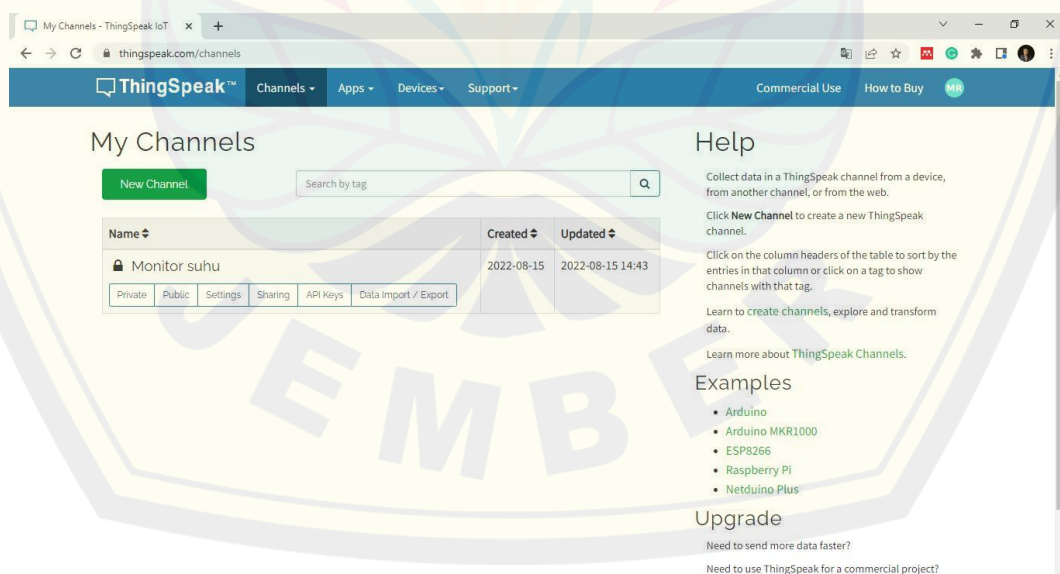
Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(temp);
Serial.println("C. Send to Thingspeak.");
    }
client.stop();
Serial.println("Waiting...");

delay(15000);
}

```

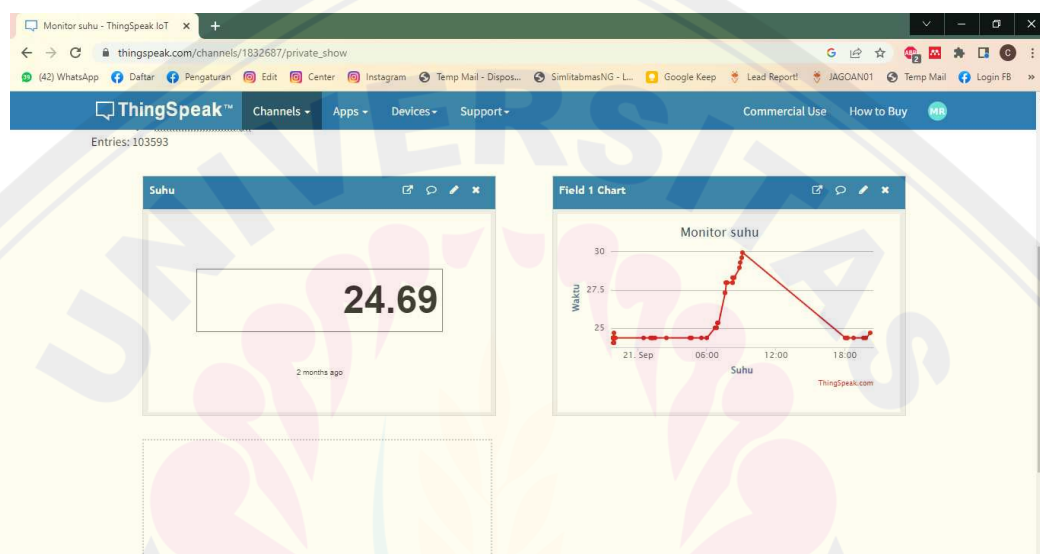
4.5 Rancangan Interface *Thingspeak*

Pada penelitian ini *thingspeak* digunakan untuk memantau suhu *greenhouse* dari jarak jauh. Dalam hal ini dapat diketahui grafik suhu sesuai dengan sensor LM35. Hal pertama yang perlu dilakukan yaitu mendaftar akun di *Thingspeak* untuk mendapatkan API Keys kemudian masukan pada software Arduino IDE lalu upload pada Board NodeMCU ESP8266 dan membuka *Thingspeak* untuk mengetahui URL yang akan di akses untuk pengontrolan (Marina, 2020). Berikut tampilan awal *Thingspeak*.



Gambar 4.3 Tampilan awal *thingspeak*.

Pada *thingspeak* akan muncul indikator dan grafik suhu pada *greenhouse*. Pada *Thingspeak* mengubah tampilan secara publik agar bisa dilihat orang lain atau bisa juga private yang hanya bisa kita akses sendiri kemudian *thingspeak* mendukung untuk pengendalian jarak jauh meskipun menggunakan konektivitas yang berbeda dengan nodeMCU dengan syarat menggunakan login dengan akun *thingspeak* yang sudah terdaftar (Marina, 2020). Berikut merupakan hasil monitoring suhu *greenhouse* dengan *thingspeak*.



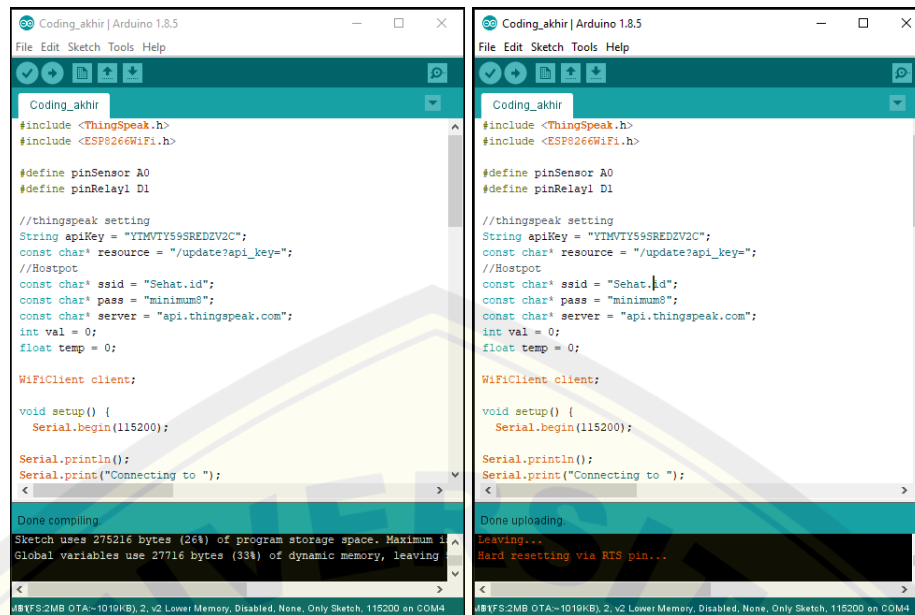
Gambar 4.4 Tampilan data suhu *greenhouse* pada *thingspeak*

4.6 Pengujian Komponen Sistem Kontrol

Pengujian komponen berfungsi untuk mengetahui setiap komponen dapat bekerja secara baik atau tidak. Pengujian komponen dilakukan pada *software* Arduino IDE, mikrokontroler NodeMCU, sensor LM35 dan *relay*.

4.6.1 Program Arduino IDE

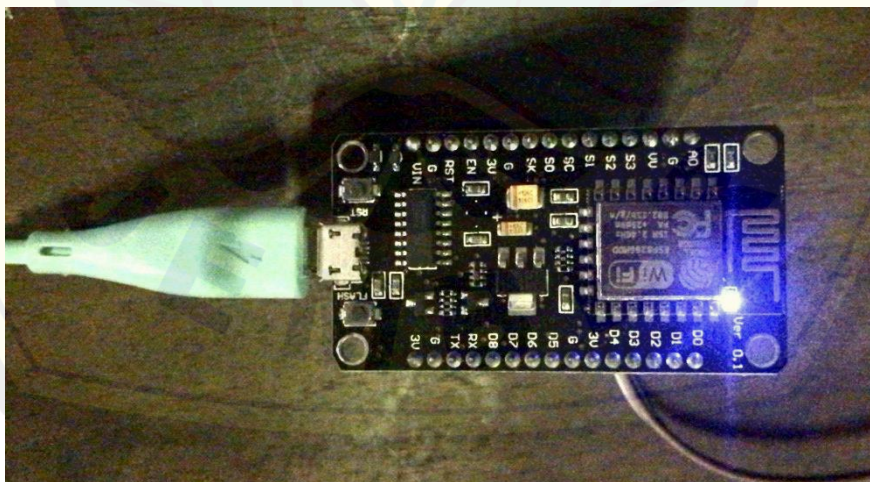
Program Arduino IDE yang telah dibuat kemudian diuji untuk mengetahui kebenaran program tersebut. Pengujian diawali dengan cara meng-*verify* program. Jika terdapat kesalahan pada program maka akan muncul tulisan *error* pada proses *verify* dan dilakukan perbaikan. Namun jika program sudah benar maka akan muncul tulisan *done compiling*. Program yang sudah benar dapat langsung di *upload* dan dapat dikatakan berhasil dengan adanya pemberitahuan *done uploading*. Berikut merupakan hasil pemrograman Arduino IDE.



Gambar 4.5 Pengujian program Arduino IDE

4.6.2 Mikrokontroler NodeMCU

Pengujian mikrokontroler NodeMCU dapat diketahui dengan melihat indikator LED yang terdapat pada pin D0. Apabila mikrokontroler NodeMCU berfungsi dengan baik maka indikator LED akan menyala, namun apabila tidak berfungsi maka indikator tidak menyala. Pengujian mikrokontroler NodeMCU dilakukan dengan *relay*. Apabila *relay* nyala/ON maka indikator LED pada NodeMCU akan menyala begitupun sebaliknya. Berikut merupakan hasil pengujian mikrokontroler NodeMCU



Gambar 4.6 Pengujian mikrokontroler NodeMCU

4.6.3 Karakteristik Pengukuran

Pengujian karakteristik pengukuran dilakukan dengan menghitung rata-rata simpangan hasil pengukuran alat yang dirancang dengan hasil pengukuran thermometer digital. Pada thermometer digital data suhu dapat terbaca melalui LCD sedangkan pada alat data suhu dibaca di serial monitor *software* Arduino IDE. Berikut ini merupakan hasil pengukuran dalam pengujian.

Tabel 4.4 Hasil pengujian

No	Thermometer Digital (°C)	Alat (°C)	Simpangan (°C)
1	25.1	25.5	0.4
2	26.2	26.4	0.2
3	26.4	26.6	0.2
4	27.0	27.1	0.1
5	27.1	27.2	0.1
6	27.5	27.8	0.3
7	27.9	28.1	0.2
8	28.5	28.7	0.2
9	28.9	29.0	0.1
10	29.1	29.2	0.1
11	29.8	30.0	0.2
12	30.4	30.5	0.1
13	30.9	31.1	0.2
14	31.2	31.3	0.1
15	31.9	32.0	0.1
16	32.2	32.4	0.2
17	32.5	32.7	0.2
18	33.1	33.3	0.2
19	33.7	33.8	0.1
20	34.0	34.1	0.1
Rata-rata			0.17

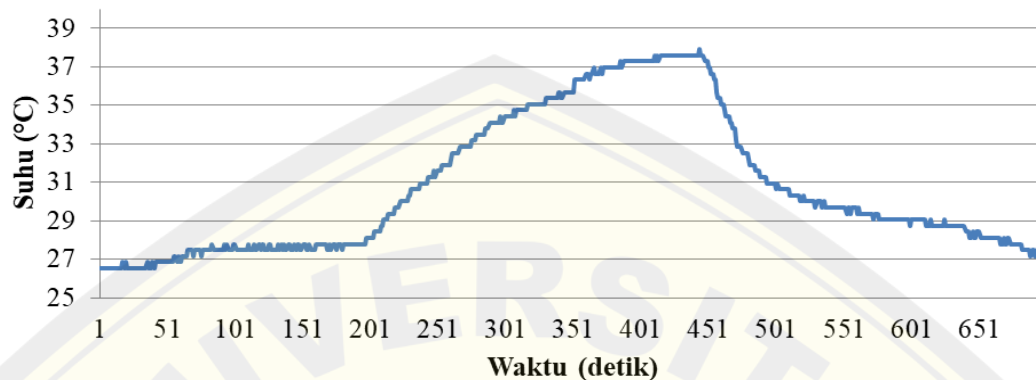
Berdasarkan Tabel 4.4 rata-rata simpangan antara nilai alat dengan thermometer digital yaitu sebesar 0,17 °C.

4.6.4 Relay

Pengujian *relay* dapat diketahui dengan cara melihat indikator LED yang terdapat pada *relay*. Pengujian *relay* dilakukan dengan pemrograman ON dan OFF setiap tiga detik secara terus-menerus. Apabila *relay* ON dan OFF setiap tiga detik maka dapat dikatakan berfungsi dengan baik.

4.7 Pengujian Kinerja Sistem Kontrol Suhu

Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu dilakukan pengamatan suhu tanpa sistem kontrol. Berikut merupakan data suhu *prototype greenhouse* tanpa sistem kontrol.



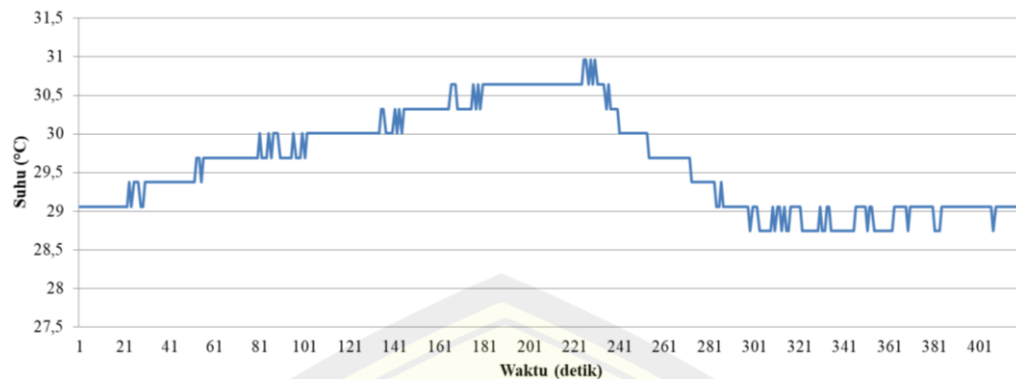
Gambar 4.7 Data suhu *prototype* tanpa sistem kontrol

Berdasarkan Gambar 4.7 data suhu *prototype greenhouse* tertinggi yaitu 37,91 °C. Suhu tertinggi tersebut tidak cocok untuk tanaman sawi, karena tanaman sawi dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di daerah yang suhunya 27 °C – 32 °C (Rukmana, 2007). Sehingga jika *greenhouse* memiliki suhu lebih tinggi dari suhu optimal tanaman sawi maka tanaman sawi akan mati. Sistem kontrol suhu *greenhouse* digunakan agar suhu tetap berada pada suhu optimal tanaman sawi.

Pengujian kinerja sistem kontrol dilakukan untuk menguji komponen dan alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan simulasi sistem pada *prototype* serta pengujian sistem otomatis pada *prototype* dan *greenhouse*.

4.7.1 Simulasi Sistem pada *Prototype*

Simulasi sistem pada *prototype* diawali dengan menyalakan lampu dengan daya 100 Watt sebagai pengganti cahaya matahari. Setelah lampu menyala selama beberapa detik, selanjutnya *exhaust fan* dihidupkan untuk mengetahui kinerjanya. Data simulasi sistem pada *prototype* dapat dilihat pada Gambar 4.8.

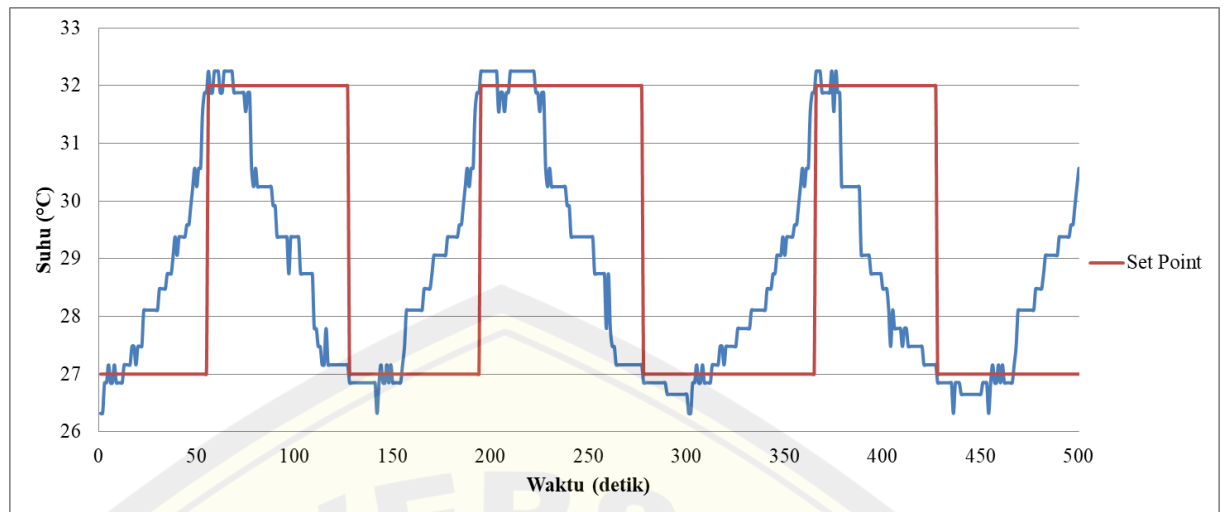


Gambar 4.8 Data pengujian sistem pada prototype

Berdasarkan gambar 4.8 pada awal lampu menyala suhu di dalam *prototype* yaitu 29,06 °C. Pada suhu 30,96 °C detik ke-225 *exhaust fan* dihidupkan, dan dapat dilihat pada Gambar 4.8 bahwa suhu berangsur turun ketika *exhaust fan* menyala. Penurunan sampai pada suhu 28,74 °C. Dapat dikatakan bahwa sistem pada *prototype* telah berjalan baik.

4.7.2 Sistem Kontrol Suhu Otomatis

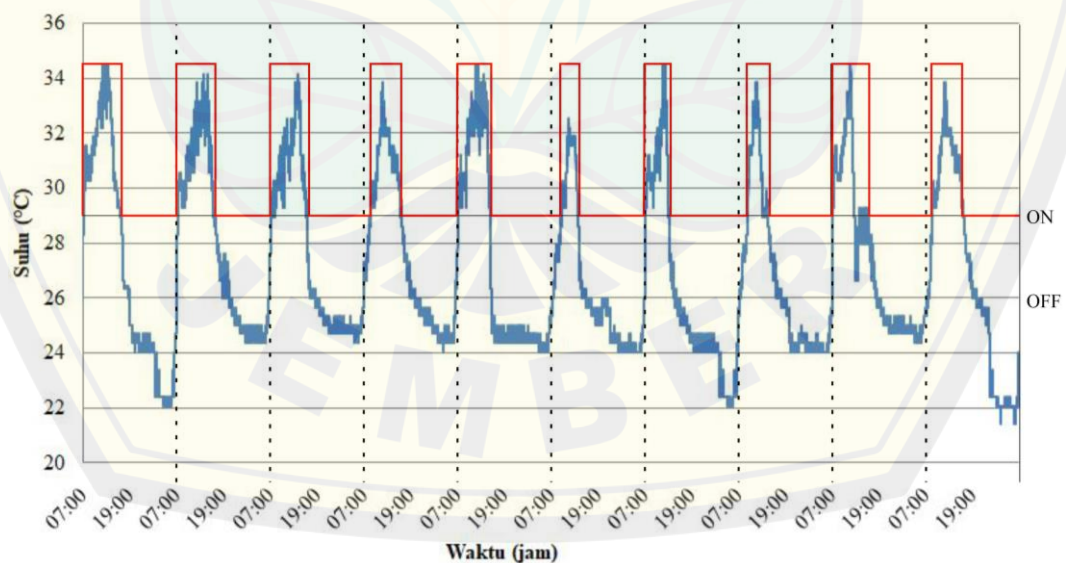
Sistem kontrol suhu otomatis diuji pada *prototype* kemudian diaplikasikan langsung pada *greenhouse*. *Exhaust fan* dimanfaatkan untuk mengeluarkan suhu panas di dalam *greenhouse* sehingga suhu di dalam *greenhouse* tetap pada suhu optimal tanaman sawi yang digunakan sebagai acuan penelitian. Nyala dan matinya *exhaust fan* ditentukan oleh *set point* sensor LM35 yang digunakan sebagai acuan yaitu *exhaust fan* menyala pada suhu 32 °C dan mati pada suhu 27 °C. Data pengujian sistem kontrol suhu otomatis dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10 berikut.



Gambar 4.9 Pengujian sistem kontrol suhu otomatis pada *prototype*

Berdasarkan Gambar 4.9 *exhaust fan* menyala pada suhu 32,25 °C dan mati pada suhu 26,85 °C. Pada *prototype greenhouse*, sistem kontrol suhu telah bekerja dengan baik. *Exhaust fan* terbukti mampu mempertahankan suhu *prototype greenhouse* tetap pada suhu optimal tanaman sawi.

Setelah dilakukan pengujian pada *prototype greenhouse*, selanjutnya dilakukan pengaplikasian sistem kontrol pada *greenhouse*. Pengamatan suhu *greenhouse* dilakukan selama 10 hari. Data hasil pengaplikasian sistem kontrol suhu pada *greenhouse* dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Pengujian sistem kontrol suhu otomatis pada *greenhouse*

Berdasarkan Gambar 4.10 *exhaust fan* menyala pada suhu 29,69 °C dan mati pada suhu 28,74 °C. Berdasarkan Gambar 4.10 rata-rata suhu *greenhouse* melebihi *set point* pada pukul 07.30 hingga 16.45 dan kurang dari *set point* pada pukul 16.45 hingga 07.30. Rata rata suhu *greenhouse* selama 10 hari pengamatan yaitu 27 °C. Suhu tertinggi terjadi pada hari pertama, kelima, ketujuh dan kesembilan dan suhu terendah terjadi pada hari ke-sepuluh. Suhu ruang *greenhouse* menunjukkan angka yang berbeda-beda pada setiap hari dan jam nya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan suhu ini antara lain intensitas cahaya matahari, curah hujan, polusi udara dari luar, dan kelembaban udara (Hamidy dkk., 2021).

Namun berdasarkan Gambar 4.10 ketika suhu pada *greenhouse* melebihi *set point* dan *exhaust fan* menyala, suhu ruang *greenhouse* tetap naik. *Exhaust fan* tidak mampu menurunkan suhu pada *greenhouse*. Menurut Prambayun dan Sumarna (2016) faktor yang mempengaruhi kurang maksimalnya *Exhaust fan* dalam menurunkan suhu yaitu jumlah *exhaust fan* dalam *greenhouse*, kapasitas *exhaust fan* dan pengaruh suhu dari lingkungan yang sangat besar.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Desain sistem kontrol suhu ruang *greenhouse* berupa rangkaian komponen yang terdiri dari mikrokontroler *NodeMCU*, sensor *LM35*, dan *Relay* serta komponen pendukung berupa *exhaust fan*. *Set point* yang digunakan sebagai acuan yaitu batas atas 32 °C dan batas bawah 27 °C.
2. Pengujian sistem kontrol suhu dilakukan pada *prototype* dan diaplikasikan secara langsung pada *greenhouse*. Pada *prototype* sistem kontrol suhu telah bekerja dengan baik, *exhaust fan* mampu menurunkan suhu ketika suhu di dalam *prototype greenhouse* telah melebihi *set point*. Namun ketika sistem diaplikasikan pada *greenhouse*, *exhaust fan* tidak mampu menurunkan suhu ketika suhu di dalam *greenhouse* telah melebihi *set point*. Seluruh data suhu pada *prototype* dan *greenhouse* dapat terbaca di *thingspeak*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, sistem kontrol suhu pada *greenhouse* tidak dapat menurunkan suhu *greenhouse* ketika berada di suhu lebih dari *set point*. Sehingga saran dari penelitian ini yaitu *greenhouse* yang digunakan harus sesuai dengan tujuan penggunaan dan menambah *exhaust fan*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, H., R. Syam, dan B. Jaelani. 2015. Rancang bangun sebagai tempat budidaya tanaman menggunakan solar cell sebagai sumber listrik. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin. (Snttm Xiv):7–8.*
- Adriantantri, E. dan J. D. Irawan. 2019. IMPLEMENTASI iot pada remote monitoring dan controlling green house. *Jurnal Mnemonic. 1(1):56–60.*
- Agung, A. dan G. Ekayana. 2019. Implementasi sipratu menggunakan platform. 8:237–248.
- Allo, D. K., J. D. Mamahit, Bahrun, dan M. N. Tulung. 2013. Rancang bangun alat ukur temperatur untuk mengukur selisih dua keadaan. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer. 2(1):1–7.*
- Alwi, M. 2011. Analisis kinematika dan dinamika smart greenhouse untuk tanaman hidroponik. Universitas
- Arafat. 2016. SISTEM pengamanan pintu rumah berbasis internet of things (iot) dengan esp8266. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik “Technologia”. 17(4):262–268.*
- Artanto, H. 2018. Trainer IOT Berbasis ESP8266 Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Komunikasi Data Dan Interface Di Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika UNY. Tugas Akir Skripsi. Teknik Elektronika. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Chamim. 2012. *Mikrokontroler Belajar Code Vision AVR Mulai Dari Nol.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Darmawan, C. W., S. R. U. A. Sompie, dan F. D. Kambey. 2020. Mei-agustus 2020, hal. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer. 9(14):91–100.*
- Dewi, N. H. L., M. F. Rohmah, dan S. Zahara. 2019. Prototype smart home dengan modul nodemcu esp8266 berbasis internet of things (iot). *Jurnal Teknik Informatika. 3.*
- Fitz-Rodríguez, E., C. Kubota, G. A. Giacomelli, M. E. Tignor, S. B. Wilson, dan M. McMahon. 2010. Dynamic modeling and simulation of greenhouse environments under several scenarios: a web-based application. *Computers and Electronics in Agriculture. 70(1):105–116.*
- Hamidy, A. N., S. Sudarti, dan Y. Yushardi. 2021. Analisis perubahan suhu lingkungan terhadap kenyamanan masyarakat di desa sumber tengah. *Jurnal Pembelajaran Fisika. 10(2):70.*
- Haryanto, E., T. Suhartini, dan E. Rahayu. 2003. *Sawi Dan Selada.* Penebar Swadaya: Jakarta.
- Hilmansyah, R. M. Utomo, A. W. Saputra, dan R. F. Alif. 2020. Rancang bangun

- wireless battery monitoring system berbasis esp32. *Snitt*. 194–199.
- Kamelia, L., Y. Sukmawiguna, dan N. U. Adiningsih. 2017. Rancang bangun sistem exhaust fan otomatis menggunakan sensor light dependent resistor. *Jurnal ISTEK*. 10(1):154–169.
- Marhaenanto, B., P. Soni, dan V. M. Salokhe. 2013. Development of an internet-based greenhouse control system. *International Agricultural Engineering Journal*. 22(2):72–83.
- Marina. 2020. Studi perbandingan platform internet of things (iot) untuk smart home kontrol lampu menggunakan nodemcu dengan aplikasi web thingspeak dan blynk. *Jurnal Fidelity*. 2(1):59–78.
- Martin, A. H., H. Pranjoto, dan R. S. Sitepu. 2019. Sistem monitoring suhu dan kelembaban lingkungan berbasis iot dan listrik tenaga surya. *Widya Teknik*. 18(2):71–76.
- Prambayun, R. R. dan Sumarna. 2016. Otomatisasi pengendalian suhu pada greenhouse. *Jurnal Fisiks*. 7(5):1–9.
- Rukmana, R. 2007. *Bertanam Petsai Dan Sawi*. Kanisius: Yogyakarta.
- Saleh, M. dan M. Haryanti. 2017. Jurnal teknologi elektro, universitas mercu buana issn : 2086 - 9479. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*. 8(2):87–94.
- Suhardiyanto, H. 2009a. *Teknologi Rumah Tanaman Untuk Iklim Tropika Basah*. Bogor: IPB Press.
- Suhardiyanto, H. 2009b. Teknologi rumah tanaman untuk iklim tropika basah, pemodelan dan pengendalian lingkungan. 115.
- Syah, A. N. A., T. Nuryawati, dan W. S. Litananda. 2018. Pengembangan smart greenhouse untuk budidaya hortikultura. *Seminar Nasional PERTETA 2018*. (2010):1–10.
- Tando, E. 2019. Review : pemanfaatan teknologi greenhouse dan hidroponik sebagai solusi menghadapi perubahan iklim dalam budidaya tanaman hortikultura. *Buana Sains*. 19(1):91.
- Telaumbanua, M., B. Purwantana, dan L. Sutiarto. 2014. Rancang bangun aktuator pengendali iklim mikro di dalam greenhouse untuk pertumbuhan tanaman sawi (*brassica rapa var. parachinensis l.*). *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*. 34(2):213–222.
- Zulfikri, M. I. Sari, dan F. Susanti. 2017. Implementation of current sensor and rtc (real time clock) at home lighting control system using iot (internet of things). *Applied Science*. 3(3):1762.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan bahan penelitian



(a) *Greenhouse*



(b) *Tanaman sawi*



(c) *Rak tanaman*



(d) *Exhaust Fan*



(e) *Relay*



(f) *Mikrokontroler nodeMCU*



(g) *Sensor LM35*

Lampiran 2. Rangkaian sistem kontrol suhu ruang *Greenhouse*



Rangkaian sistem kontrol suhu ruang *Greenhouse*

Lampiran 3. Dokumentasi lapang



(a)



(b)

Kegiatan penelitian (a) pembibitan sawi (b) pengambilan data

Lampiran 4. Program keseluruhan

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>

#define pinSensor A0
#define pinRelay1 D1

//thingspeak setting
String apiKey = "YTMVTY59SREDZV2C";
const char* resource = "/update?api_key=";
//Hostpot
const char* ssid = "Andromax-M2Y-0398";
const char* pass = "27418237";
const char* server = "api.thingspeak.com";

    int val = 0;
float temp = 0;

WiFiClient client;

```

(a)

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid,pass);

  while(WiFi.status()!=WL_CONNECTED){

```

```

    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

pinMode(pinSensor, INPUT);
pinMode(pinRelay1, OUTPUT);

delay(1000);
}

```

(b)

```

void loop() {
    val = analogRead(pinSensor);
    temp = ((val-5,0962) /3,1626);

    Serial.print ("Nilai Suhu :");
    Serial.print(temp);
    Serial.println(" Celcius");

    if(temp >= 32){
        digitalWrite(pinRelay1,HIGH);
    }
    if(temp <= 27){
        digitalWrite(pinRelay1,LOW);
    }
    if (client.connect(server,80) // "184.106.153.149" or api.thingspeak.com
        {
        String postStr = apiKey;
        postStr += "&field1=";

```

```

    postStr += String(temp);
    postStr += "\r\n\r\n";

    client.print(String("GET ") + resource + apiKey + "&field1=" + temp + "
HTTP/1.1\r\n" + "Host: " + server + "\r\n" + "Connection: close\r\n\r\n");

    client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
    client.print("Connection: close\n");
    client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
    client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
    client.print("Content-Length: ");
    client.print(postStr.length());
    client.print("\n\n");
    client.print(postStr);

    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(temp);
    Serial.println("C. Send to Thingspeak.");
}
client.stop();
Serial.println("Waiting...");

delay(15000);
}

```

(c)

Keterangan: (a) Program deklarasi awal; (b) Program *void setup*; (c) Program *void loop*.