



**SISTEM KONTROL KELEMBABAN RUANG *GREENHOUSE*
BERBASIS ARDUINO UNTUK *FODDER* JAGUNG
HIDROPONIK DENGAN PERLAKUAN
PEMBERIAN PUPUK**

SKRIPSI

Oleh :

**Achmad Ivo Joan Pamungkas
NIM 141710201051**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**SISTEM KONTROL KELEMBABAN RUANG *GREENHOUSE*
BERBASIS ARDUINO UNTUK *FODDER* JAGUNG
HIDROPONIK DENGAN PERLAKUAN
PEMBERIAN PUPUK**

SKRIPSI

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

Oleh :

**Achmad Ivo Joan Pamungkas
NIM 141710201051**

HALAMAN JUDUL

Dosen Pemimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Marhaenanto M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Bayu Taruna Widjaja Putra S.TP., M.Eng. Ph.D.

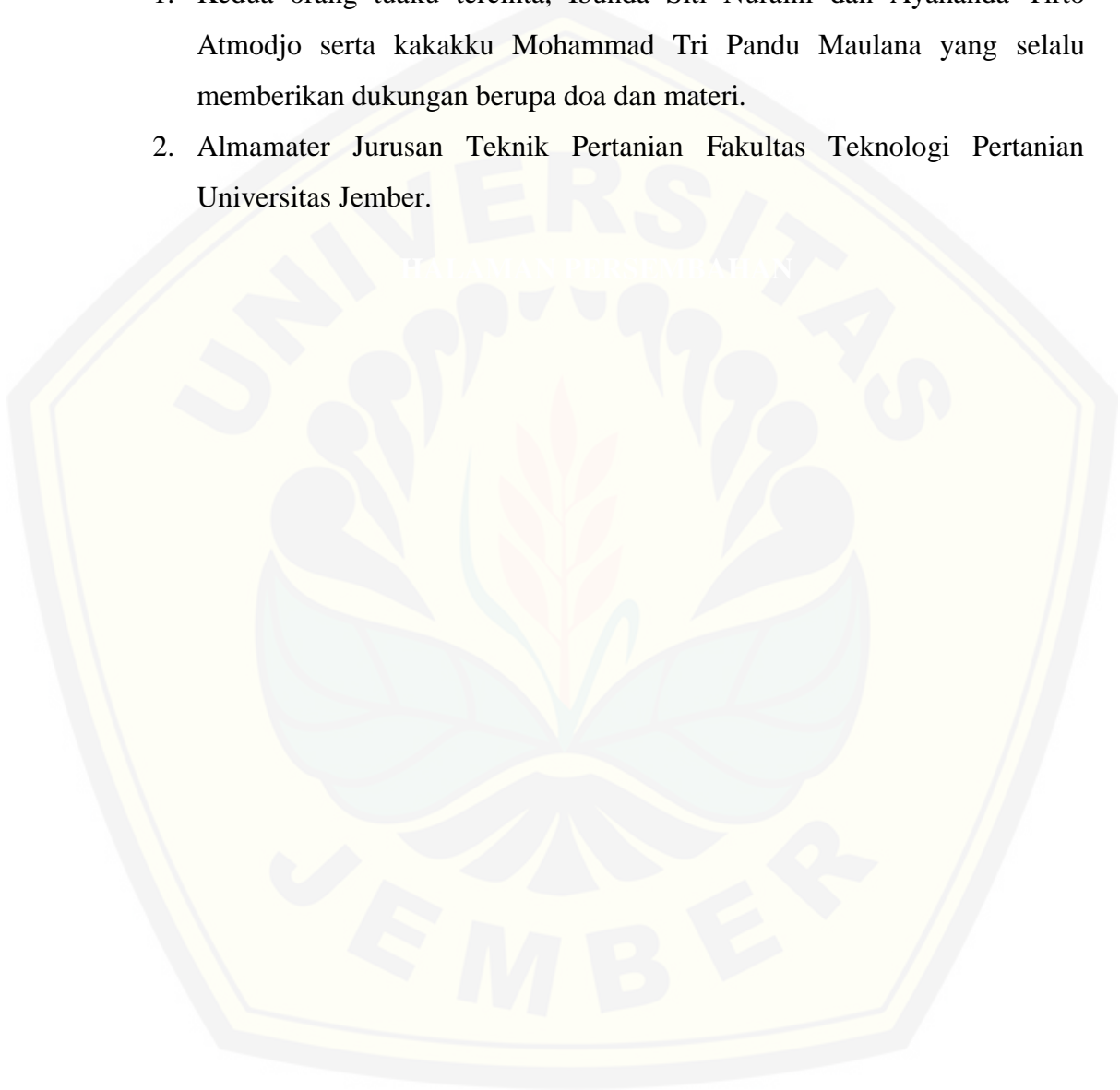
**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tuaku tercinta, Ibunda Siti Nuraini dan Ayahanda Tirta Atmodjo serta kakakku Mohammad Tri Pandu Maulana yang selalu memberikan dukungan berupa doa dan materi.
2. Almamater Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

HALAMAN PERSEMBAHAN



MOTTO

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(Terjemahan Al-Qur'an, Sepenggal Surat Al Mujadalah ayat 11)

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan”

(Terjemahan Al-Qur'an, Surat Ar Rahman ayat 61)

“Sukses tidak dibangun di atas kesuksesan. Sukses dibangun dari kegagalan, rasa frustrasi, bahkan malapetaka.”

(Sumner Redstone)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Ivo Joan Pamungkas

NIM : 141710201051

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Sistem Kontrol Kelembaban Ruang *Greenhouse* berbasis Arduino untuk *Fodder* Jagung Hidroponik dengan Perlakuan Pemberian Pupuk” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata kemudia hari ini tidak benar.

Jember, Juni 2018

Yang menyatakan,

Achmad Ivo Joan Pamungkas

NIM 141710201051

SKRIPSI

**SISTEM KONTROL KELEMBABAN RUANG *GREENHOUSE* BERBASIS
ARDUINO UNTUK *FODDER* JAGUNG HIDROPONIK DENGAN
PERLAKUAN PEMBERIAN PUPUK**

Oleh:

**Achmad Ivo Joan Pamungkas
NIM 141710201051**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Marhaenanto M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Bayu Taruna Widjaja Putra S.TP., M.Eng. Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sistem Kontrol Kelembaban Ruang Greenhouse berbasis Arduino untuk Fodder Jagung Hidroponik dengan Perlakuan Pemberian Pupuk” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Jum’at
Tanggal : 20 Juli 2018
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Ketua,
Dosen Pembimbing Utama,
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dosen Pembimbing Anggota,

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

Bayu Taruna Widjaja Putra S.TP., M.Eng., Ph.D..
NIP. 198410082008121002

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

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Askin, S.TP., M.M.T
NIP. 197008302000031001

Drs. Yagus Wijiyanto, MA., Ph. D.
NIP. 196606141992011001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, STP, M. Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

“Sistem Kontrol Kelembaban Ruang *Greenhouse* berbasis Arduino Untuk *Fodder* Jagung Hidroponik dengan Perlakuan Pemberian Pupuk”; Achmad Ivo Joan Pamungkas; 141710201051; 2017; 56 Halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Indonesia mempunyai dua iklim yang mempengaruhi ketersediaan hijauan untuk pakan ternak. Pada saat musim penghujan jumlah hijauan meningkat, sedangkan pada saat musim kemarau jumlah hijauan menurun. *Fodder* jagung hidroponik merupakan solusi penyediaan pakan ternak yang mudah, efisien dan memiliki nutrisi yang baik dari ternak ruminansia. Budidaya hidroponik pada umumnya dilakukan di dalam *greenhouse*. *Fodder* jagung memerlukan kelembaban udara (RH) yang optimal agar dapat tumbuh dengan baik. RH yang optimal untuk pertumbuhan jagung berkisar antara 70-85%. Sistem kontrol yang digunakan berbasis Arduino yang dilengkapi perekaman data ke *memory card* yang dapat mengatur RH di dalam *greenhouse*. Penanaman *fodder* jagung hidroponik dilakukan selama 9 hari dengan menggunakan rancangan acak lengkap non faktorial. Perlakuan yang digunakan sebanyak 5 dan pengulangan sebanyak 3 kali, yaitu pemberian pupuk dengan dosis yang berbeda. Dosisnya antara lain P0=0 g; P1=1g; P2=2g; P3=3g dan P4=4g. Dosis pupuk tersebut dicampur dengan air sebanyak 500 ml. Jagung disebar di atas nampan secara merata dengan kontrol RH berkisar antara 70-85%. RH dikontrol dengan aktuator berupa sprayer untuk meningkatkan kelembaban dengan cara menyemprotkan kabut dan kipas tipe pembuang untuk mensirkulasi udara agar dapat menurunkan RH. Pada hari ke-5 jagung diberi pupuk NPK majemuk (Gandasil D) dengan menggunakan *hand sprayer*. Hal yang diamati pada penelitian ini adalah produktivitas *fodder* jagung dan kinerja sistem kontrol *greenhouse*. Pengamatan sistem kontrol dilakukan dengan mengambil hasil perekaman RH di *memory card*. Perekaman RH disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui kinerja sistem kontrol dalam mengontrol RH yang ada di dalam *greenhouse*. Hasil pengamatan tersebut diolah dan dianalisis sidik ragam menggunakan program *Microsoft Excel* dan SPSS. Hasil analisis menunjukkan hasil kinerja *greenhouse* dalam mengontrol kelembaban cukup baik, karena mampu meningkatkan produktivitas *fodder* jagung dibanding tanpa kontrol kelembaban. Akan tetapi, sistem ini tidak dilengkapi kemampuan untuk menurunkan RH karena tidak dilengkapi dengan alat penurun RH. Sedangkan, pengaruh pupuk gandasil D dengan berbagai dosis terhadap produktivitas jagung menunjukkan tidak ada pengaruh yang nyata, yang mungkin disebabkan karena tahap perkembangan jagung.

SUMMARY

“Arduino Based Humidity Control System in *Greenhouse* for Hydroponics Maize Fodder with Fertilizer Treatment”; Achmad Ivo Joan Pamungkas; 141710201051; 2017; 56 Pages; Department of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology University of Jember.

There are two seasons in Indonesia that may affect the availability of forages for livestock feed. When wet season, green fodder existence will increase, meanwhile in the dry season it will decrease. Hydroponic green fodder is an alternative for serving fodder with easy ways, efficiency and has good nutrition for ruminant livestock. Hydroponic cultivation has generally conducted the greenhouse. Maize fodder requires optimal relative humidity (RH) in order to grow well. The optimal RH for maize growth ranges between 70-85%. Control system based on Arduino equipped with recording data feature to a memory card that can potentially manage the RH within the greenhouse. Planting of hydroponic maize fodder was done for 9 days using a complete randomized design non-factorial. This research used 4 treatments and 3 repetitions. These treatments were given fertilizer with different doses. Doses of fertilizer namely P0 = 0 g; P1 = 1g; P2 = 2 g; P3 = 3 g and P4 = 4 g. Each dose of the fertilizer was mixed with 500 ml of water. Corn was spread over the trays with a range of RH from 70-85%. RH was controlled by an actuator in the form of a sprayer to adjust the humidity by spraying the mist and exhausting the hot air in order to lower RH. In the 5th day, maize was given a compound NPK fertilizers (Gandasil D) using a hand sprayer. Observation of controlled system was done by the recording of RH in data. RH values were presented in graphical form to determine the performance of the controlled system greenhouse. The results of these observations were processed and analyzed using Microsoft Excel and SPSS. The analysis shows the results of the greenhouse performance in controlling the humidity is quite good because it can increase the productivity of fodder maize compared with no humidity control. However, the system has no the capability to reduce RH, because it did not equip with a dehumidifier. Meanwhile, the effect of Gandasil D fertilizer with various doses to the productivity of maize showed no significant effect, which may due to the development stage of maize.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Sistem Kontrol Kelembaban Ruang *Greenhouse* berbasis Arduino untuk *Fodder* Jagung Hidroponik dengan Perlakuan Pemberian Pupuk”. 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 tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibunda Siti Nuraini dan Ayahanda Tirta Atmodjo serta kakakku Mohammad Tri Pandu Maulana yang selalu memberikan dukungan berupa doa dan materi;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing saya mulai dari awal hingga akhir;
3. Bayu Taruna Widjaja Putra S.TP., M.Eng. Ph.D. selaku dosen pembimbing anggota yang telah membimbing saya mulai dari awal hingga akhir;
4. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dari awal perkuliahan sampai lulus;
5. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku komisi bimbingan yang telah membimbing dan mengevaluasi penulisan skripsi saya.
6. Askin, S.TP.,M.M.T dan Drs. Yagus Wijiyanto, MA., Ph.D. yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk menguji skripsi saya.
7. Haris dan Rizaldi Tri Yulianto karena sudah membantu saya selama proses penelitian dan pengolahan data;
8. Keluarga Besar IMATEKTA yang telah saya anggap sebagai keluarga kedua selama saya kuliah di Universitas Jember dan telah memberikan pengalaman yang tak terlupakan yang tidak bias saya dapat di perkuliahan sehingga membuat diri saya menjadi pribadi yang lebih baik;

9. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
10. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;
11. Semua teman kelas TEP-B 2014 yang telah menjadi kawan dalam suka dan duka selama saya mengawali kuliah di jurusan teknik pertanian..

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada mereka semua. Penulis juga menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, Juni 2018

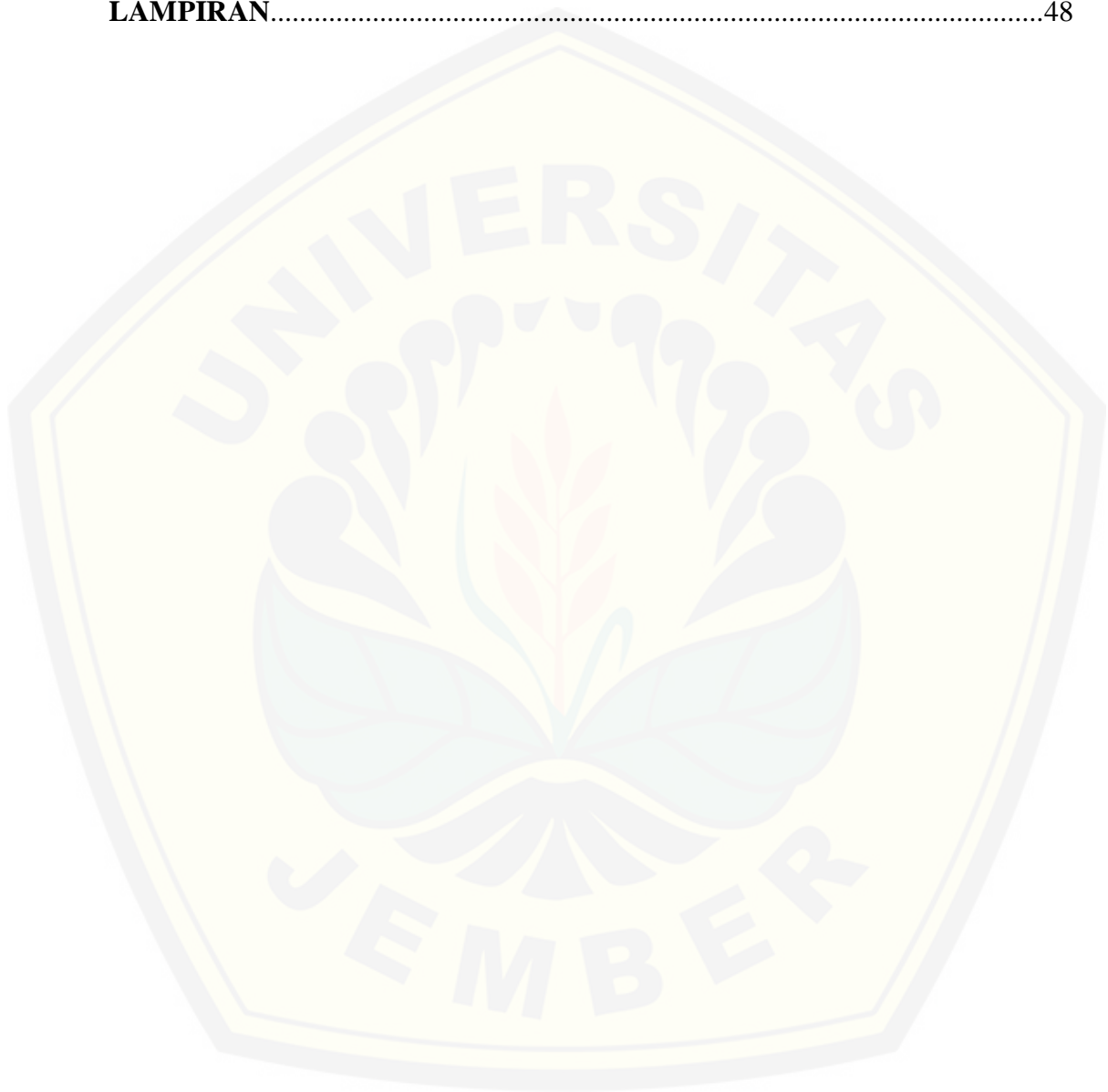
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Jagung	4
2.2 Pemupukan Jagung	6
2.3 Fodder	7
2.3.1 Potensi Jagung sebagai <i>Fodder</i>	7
2.4 Hidroponik	8
2.5 Kelembaban Udara	9
2.5.1 <i>Relative Humidity</i>	9
2.6 Humidifier	10

2.7 Greenhouse	10
2.7.1 Sistem Kontrol <i>Greenhouse</i>	11
2.8 Mikrokontroler	12
2.8.1 Mikrokontroler Atmega 328	12
2.8.2 Arduino.....	13
2.9 Sensor DHT 22	15
2.10 Modul RTC	16
2.11 Modul SD card	17
2.12 Relay	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.3.1 Persiapan Penelitian.....	21
3.3.2 Rancangan Operasional	21
3.3.3 Rancangan Fungsional.....	22
3.3.4 Pembuatan dan Pengujian.....	23
3.3.5 Rancangan Struktural	24
3.3.6 Rancangan Percobaan.....	25
3.3.7 Penanaman	26
3.3.8 Pengambilan data dan analisis	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Perancangan Rangkaian dan Program	28
4.1.1 Perancangan rangkaian elektronik	28
4.1.2 Perancangan Program	31
4.2 Pengujian Sistem Kontrol	35
4.2.1 Pengamatan RH tanpa kontrol	35
4.2.2 Pengamatan RH dengan kontrol	35
4.2.3 Pengamatan RH selama 9 hari	37
4.2.4 Pengaruh Sistem Kontrol Terhadap Produktivitas Jagung	38
4.3 Produktivitas Jagung Dengan Perlakuan Pupuk	40
4.3.1 Penambahan berat jagung dengan perlakuan pupuk	41

BAB 5 PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	48



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nilai nutrisi pada bagian-bagian tanaman jagung.....	8
3.1 Ploting nampan berdasarkan perlakuan dan pengulangan	26
4.1 Konfigurasi kaki ICD	29
4. 2 Konfigurasi kaki sensor DHT 22	29
4. 3 Konfigurasi kaki modul SD <i>card</i>	29
4. 4 Konfigurasi kaki modul RTC	30
4. 5 Konfigurasi kaki aktuator.....	30
4. 6 Hasil uji anova produktivitas jagung.....	40
4. 7 Hasil uji anova perlakuan pupuk.....	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pupuk Gandasil D	7
2.2 Komponen humidifier	10
2.3 Konfigurasi kaki-kaki Atmega 328	13
2.4 Arduino UNO.....	14
2.5 Sensor DHT 22	16
2.6 Modul RTC	16
2.7 Modul SD <i>card</i>	18
2.8 Skema relay elektromagnetik.....	18
3.1 Diagram alir penelitian.....	20
3.2 Ilustrasi rancangan fungsional.....	22
3.3 Ilustrasi rancangan struktural <i>greenhouse</i>	25
3.4 Hasil pengacakan metode RAL.....	26
4.1 Simulasi rangkaian elektronik menggunakan Proteus	28
4.2 Hasil pembuatan rancangan elektronika	31
4.3 Hasil perekaman data RH di Notepad.....	34
4.4 Grafik kelembaban <i>greenhouse</i> dan luar <i>greenhouse</i> tanpa kontrol.....	35
4.5 Grafik kelembaban <i>greenhouse</i> dan luar <i>greenhouse</i> dengan kontrol.....	36
4.6 Grafik kelembaban <i>greenhouse</i> dan luar <i>greenhouse</i> selama 9 hari.....	38
4.7 Grafik produktivitas jagung di <i>greenhouse</i> dan luar.....	39
4.8 Grafik produktivitas jagung dari setiap perlakuan	40
4.9 Grafik produksi jagung dari setiap perlakuan	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Produktivitas <i>fodder</i> jagung hidroponik	48
Lampiran 2. Hasil Analisis deskriptif dengan SPSS	48
Lampiran 3. Hasil Uji Homogenitas	49
Lampiran 4. Hasil analisis sidik ragam	49
Lampiran 5. Persiapan Alat dan bahan	49
Lampiran 6. Penyemaian benih jagung	50
Lampiran 7. Pemupukan jagung	50
Lampiran 8. Dokumentasi pertumbuhan <i>fodder</i> jagung	51
Lampiran 9. Rangkaian Elektronika	52
Lampiran 10. Komponen Elektronika.....	53
Lampiran 11. <i>Greenhouse</i>	54
Lampiran 12. Komponen Pengontrol Greenhouse	54
Lampiran 13. Program Arduino untuk <i>Greenhouse</i>	54

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jagung merupakan salah satu komoditas pangan yang dominan di Indonesia. Selain menjadi komoditas pangan, jagung dapat dimanfaatkan untuk hijauan yang menjadi salah satu sumber pakan ternak. Hal ini dikarenakan jagung memiliki nutrisi yang dapat memenuhi konsumsi ternak. Bagian daun jagung adalah bagian yang memiliki nilai patabilitas yang tinggi dengan kadar air 20-25% dan protein 7,0% (Umiyasih dan Wina, 2008).

Menurut (Suwandi, 2015) permintaan pakan ternak (*fodder*) dari jagung di Indonesia meningkat 7,5% tiap tahunnya. Hal tersebut perlu ditangani lebih lanjut, mengingat Indonesia mempunyai dua musim. Pada musim hujan persediaan hijauan untuk pakan ternak meningkat, namun pada musim kemarau persediaan jagung untuk pakan ternak akan menurun. Oleh Karena itu perlu adanya metode yang dapat menyediakan hijauan yang cukup bagi ternak ruminansia tanpa dipengaruhi 2 musim tersebut. Salah satu metode yang bisa digunakan ialah penanaman pakan ternak (*fodder*) secara hidroponik.

Teknik penanaman hidroponik adalah satu sistem bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Teknik ini cocok untuk produksi pakan ternak, karena dapat menghasilkan nutrisi yang tinggi dengan pemberian nutrisi yang teratur dan tidak terpengaruh dengan perubahan iklim karena pada umumnya ditanam di dalam *greenhouse* (Jemimah et al, 2015).

Penanaman di dalam *greenhouse* pada umumnya dirancang agar Iklim mikro dapat dikontrol. Iklim mikro didalam *greenhouse* dikontrol dengan tujuan menghasilkan hasil panen yang lebih tinggi dan kualitas yang seragam. Salah satu iklim mikro yang dapat dikontrol ialah kelembaban udara (RH). Kelembaban udara yang sesuai dengan kebutuhan jagung dapat meningkatkan produktivitas *fodder* jagung hidroponik. Kelembaban yang optimal untuk jagung berkisar antara 70% hingga 85% (Rikumahu et al, 2012).

Pengontrolan RH dalam *greenhouse* dapat menggunakan mikrokontroler sebagai pengolahnya. Mikrokontroler yang sering digunakan adalah jenis atmega (Marhaenanto dan Singh 2002). Saat ini, perangkat yang paling sering digunakan adalah Arduino Uno yang merupakan papan sirkuit yang telah dilengkapi mikrokontroler ATmega 328. Arduino banyak digunakan dalam pembuatan proyek elektronika, karena penggunaannya yang mudah dan bersifat *open source/freeware*. Pengontrolan RH dengan menggunakan Arduino sebagai pusat sistem kontrolnya dapat menggunakan sensor DHT 22 yang merupakan sensor pendeteksi suhu dan RH. *Greenhouse* yang dilengkapi dengan sistem kontrol iklim mikro pada umumnya disebut dengan *smart greenhouse* (Lomo, 2016).

Selain pengontrolan iklim mikro, pemberian pupuk juga berpengaruh terhadap hasil penanaman di dalam *greenhouse*. Jenis pupuk yang dapat digunakan untuk jagung adalah pupuk kimia NPK (Gandasil D). Akan tetapi, pengaruh pupuk NPK (Gandasil D) terhadap produksi *fodder* jagung hidroponik masih jarang ditemukan dari penelitian terdahulu.

Berdasarkan hal tersebut diperlukan sebuah sistem kontrol kelembaban ruang *greenhouse* berbasis arduino. Selain itu juga perlu mengkaji pengaruh pemberian pupuk NPK (Gandasil D) terhadap produktifitas *fodder* jagung hidroponik. Sehingga, hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat untuk menyediakan pakan ternak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diambil permasalahan sebagai berikut.

- a. Bagaimana rancangan sistem kontrol kelembaban pada ruang *greenhouse*?
- b. Bagaimana kinerja sistem kontrol kelembaban pada ruang *greenhouse*?
- c. Bagaimana respon tanaman jagung terhadap pemberian pupuk yang diberikan?

1.3 Batasan Masalah

Pengamatan kelembaban ruang *greenhouse* ini berfokus pada hasil data perekaman kelembaban udara dan variabel produktivitas yang diamati adalah berat *fodder* jagung. Sistem kontrol pada penelitian ini berbasis Arduino UNO.

1.4 Tujuan

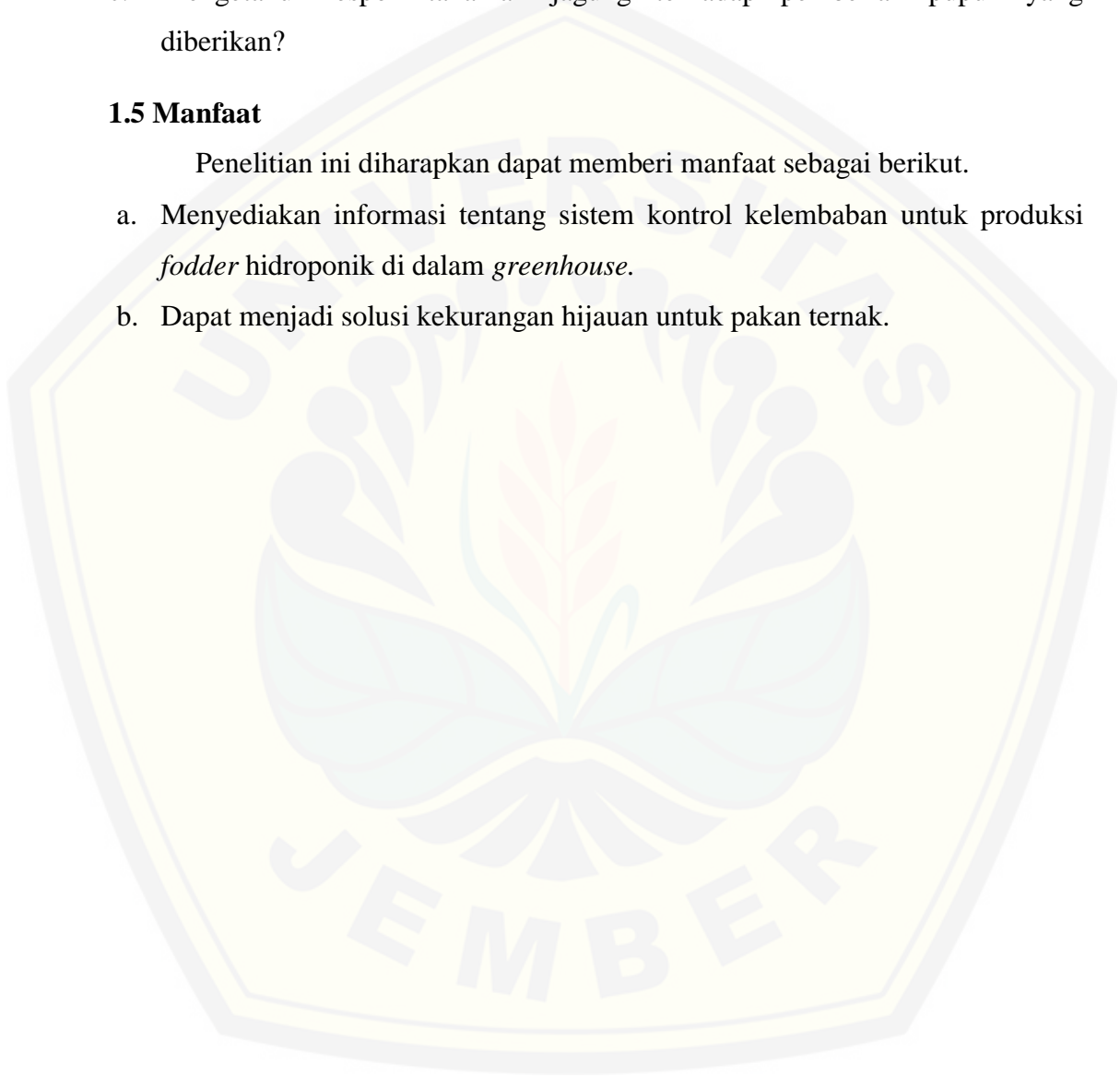
Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

- a. Merancang sistem kontrol kelembaban pada ruang *greenhouse*?
- b. Menguji kinerja sistem kontrol kelembaban pada ruang *greenhouse* ?
- c. Mengetahui respon tanaman jagung terhadap pemberian pupuk yang diberikan?

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut.

- a. Menyediakan informasi tentang sistem kontrol kelembaban untuk produksi *fodder* hidroponik di dalam *greenhouse*.
- b. Dapat menjadi solusi kekurangan hijauan untuk pakan ternak.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan komoditi yang mempunyai kedudukan penting dalam sektor ekonomi dunia. Produk dari jagung paling umum digunakan untuk bahan makanan olahan, bioethanol dan pakan ternak. Hingga saat ini jagung berkembang mulai dari sisi varietas dan produksi (Riwandi et al, Hasanudin 2014:1)

Jagung Memiliki Banyak Manfaat dan dapat diolah menjadi beberapa produk. Tergantung dari cara pengolahan dan penanganannya produk jagung dapat dibentuk menjadi berbagai macam produk. Tanaman jagung dapat berfungsi sebagai (1) sumber karbohidrat; (2) pakan ternak, baik hijauan maupun tongkolnya; (3) minyak jagung; (4) tepung maizena; (5) bahan baku industri; (6) bahan farmasi (Hanum 2008:168).

Berdasarkan taksonomi tanaman jagung, jagung diklasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae (Graminae)
Genus	: Zea
Spesies	: <i>Zea mays L.</i>

Jagung termasuk dalam family rumput-rumputan (Graminae). Jagung memiliki banyak spesies, misalnya *Zea mays* forma *tunicate* Larranhage, f. *excellens* Alef, dan sebagainya. Persilangan antar spesies dan antar genus jagung akan menghasilkan varietas baru (Rukmana, 2008:20).

Susunan tubuh (morfologi) jagung terdiri dari akar, batang, daun, bunga dan buah. Berikut penjelasan bagian-bagian jagung tersebut.

a. Akar

Sistem Perakaran tanaman jagung terdiri atas akar-akar seminal, koronal dan akar udara. Akar seminal merupakan akar radikal yang tumbuh saat biji berkecambah dengan jumlah akar 3-5 akar sampai 1-13 akar. Akar koronal merupakan akar yang tumbuh dari bagian dasar pangkal batang. Akar udara merupakan akar yang tumbuh di atas permukaan tanah tetapi dapat masuk dalam tanah. Akar ini berfungsi untuk memperkokoh batan dan berperan dalam proses asimilasi.

Perakaran tanaman jagung terdiri atas empat macam akar, yaitu akar utama, akar cabang, akar lateral dan akar rambut. Sistem perakaran tersebut berfungsi untuk menghisap air dan unsur hara dalam tanah, alat pernafasan, serta mengeluarkan zat organik dan senyawa yang tidak diperlukan.

b. Batang

Tanaman jagung memiliki batang yang beruas-ruas dengan jumlah ruas antara 10-40 ruas. Pada umumnya jagung tidak memiliki cabang, kecuali pada jagung manis. Panjang batang berkisar antar 60 cm - 300 cm.

c. Daun

Daun jagung tumbuh melekat pada buku-buku batang. Struktur daun terdiri dari kelopak daun, lidah daun, dan helaian daun. Bagian permukaan daun berbulu, sedangkan bagian bawah pada umumnya tidak berbulu. Jumlah daun pada tanaman dewasa pada umumnya 8-48 helai. Ukuran daun berkisar antara 30 cm – 150 cm dan lebar mencapai 15 m. Daun terletak pada batang termasuk daun duduk bersilangan.

d. Bunga

Tanaman jagung termasuk jenis bunga berumah satu, bunga jantan terbentuk pada ujung batang dan bunga betina terletak di bagian tengah batang. Bunga jantan matang lebih dahulu daripada bunga betina. Jenis penyerbukan tanaman jagung adalah penyerbukan silang, karena letak bunga jantan dan betina terpisah.

e. Buah

Buah jagung terdiri atas tongkol, biji, dan daun pembungkus. Biji jagung mempunyai bentuk, warna dan kandungan endosperm yang bervariasi, tergantung pada jenisnya (Rukmana 2008:21-22).

2.2 Pemupukan Jagung

Pemupukan untuk tanaman bertujuan untuk melengkapi unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Unsur hara yang dibutuhkan tanaman pada umumnya terbagi menjadi dua yaitu unsur hara mikro dan makro. Unsur hara mikro adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit, contohnya ialah mangan, tembaga, dan lain-lain. Sedangkan, unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, contohnya ialah nitrogen, fosfor, kalsium, kalium, sulfur dan magnesium. Kandungan yang paling besar dan banyak dibutuhkan tanaman ialah Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K). Nitrogen merupakan unsur utama pendorong pertumbuhan tanaman. Fosfor berperan mendorong pembentukan bunga dan buah serta berpengaruh terhadap pembentukan akar yang sehat. Kalium berpengaruh terhadap kekuatan tanaman, merangsang pertumbuhan akar dan translokasi hasil-hasil fotosintesis. Hal tersebut menunjukkan bahwa NPK berpengaruh positif untuk tanaman (Purwanto dan Purwanto, 2007:72).

Pupuk yang dapat digunakan untuk jagung pada umumnya ialah jenis pupuk NPK. Pemberian pupuk NPK mempunyai pengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, panjang tongkol, diameter tongkol, berat basah satu buah tongkol tanpa klobot dan produksi tongkol tanpa klobot. Hal tersebut dikarenakan pemberian pupuk NPK dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan unsur hara N, P dan K oleh tanaman jagung (Suntoro dan Astuti 2014).

Pupuk Gandasil D atau lebih dikenal dengan pupuk gansasil daun adalah pupuk adalah pupuk anorganik mikro dan makro yang berbentuk kristal. Pupuk gansasil D tergolong sebagai pupuk NPK majemuk atau pupuk daun yang memiliki kandungan unsur sebagai berikut: Nitrogen (N) 20%, Fosfor (P_2O_5) 15%, Kalium (K) 15%, Magnesium (Mg) 1%, serta unsur mikro seperti Mangan (Mn), Boron (B), Tembaga (Cu), Kobal (Cu), dan Seng. Unsur-unsur tersebut berguna untuk meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun-daunan. Gambar pupuk gansasil D dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Pupuk Gandasil D (Sumber: Amin, 2014)

Penggunaan pupuk ini harus sesuai aturan pakai. Pemakaian berlebihan justru akan berdampak buruk bagi tanaman, karena pupuk ini termasuk dalam pupuk kimia. Pupuk ini, sebaiknya diberikan pada awal pertumbuhan tanaman. Dosis yang digunakan pada umumnya 1-3 gram per liter air (Amin, 2014:91).

2.3 Fodder

Fodder (Pakan Ternak) dapat diartikan sebagai makanan yang diberikan kepada hewan ternak seperti hijauan, biji-bijian, pelet, dan sebagainya. Makanan yang diberikan pada saat menggembala dilahan penggembalaan tidak termasuk ke dalam jenis *fodder*. Jenis tanaman yang dapat dijadikan sebagai *fodder* dan dapat direspon dengan baik oleh hewan ternak ialah jagung, kacang tunggak, *Horsegram*, *Sun hemp*, *Ragi*, *Bajra*, *Foxtail millet* and *Jowar* (Jemimah et al, 2015).

Fodder dapat diperoleh dengan cara mengambil langsung di alam bebas seperti hijauan, atau dengan cara membudidayakan secara hidroponik. Budidaya *Fodder* secara hidroponik memiliki banyak kelebihan. Diantaranya ialah hemat air, mempercepat pertumbuhan, menghemat penggunaan lahan, ketersediaan yang konstan, hemat tenaga kerja dan alami (Jemimah et al, 2015).

2.3.1 Potensi Jagung sebagai *Fodder*

Kandungan nutrisi pada jagung memiliki variasi pada setiap bagiannya. Nilai nutrisi dari bagian-bagian jagung dapat dilihat pada Tabel 2.1. Bagian daun memiliki protein kasar paling tinggi yaitu 7,0%. Selain itu juga tingkat pencernaan

cukup besar senilai 58%. Sehingga palatabilitas memiliki nilai yang tinggi. Palatabilitas adalah respon ternak terhadap pakan (Umiyasih dan Wina, 2008).

Tabel 2. 1 Nilai nutrisi pada bagian-bagian tanaman jagung

Bagian Jagung	Kadar Air (%)	Proporsi BK (%)	Protein Kasar (%)	Kecernaan (%)	Palatabilitas
Batang	70-75	50	3,7	51	Rendah
Daun	20-25	20	7,0	58	Tinggi
Tongkol	50-55	20	2,8	60	Rendah
Kulit Jagung	45-50	10	2,8	68	Tinggi

Sumber : (Umiyasih dan Wina, 2008).

2.4 Hidroponik

Istilah hidroponik berasal dari Bahasa Yunani yang mempunyai arti “*water working*”. *Hydro* = air dan *ponic* = kerja, secara harfiah hidroponik adalah teknik budidaya tanaman tanpa tanah, melainkan menggunakan air atau larutan nutrisi di dalam lingkungan yang terkontrol. Menurut Lingga (1997:1) istilah hidroponik (*hydroponics*) digunakan untuk menjelaskan tentang cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Di kalangan umum, istilah ini dikenal sebagai “bercocok tanam tanpa tanah”. Di sini termasuk juga bercocok tanam di dalam pot atau wadah lainnya yang menggunakan air atau bahan porous lainnya, seperti pecahan genteng, pasir kali, kerikil, maupun gabus putih.

Teknik hidroponik sangat berguna untuk produksi pakan ternak. Hal ini dikarenakan karena teknik ini memiliki banyak keuntungan diantaranya menghasilkan nutrisi yang tinggi dan produksi yang berkelanjutan (Jemimah et al, 2015).

Budidaya tanaman secara hidroponik mempunyai banyak kelebihan. Di antaranya ialah sebagai berikut:

- a. Perawatan lebih praktis serta gangguan hama lebih terkontrol.
- b. Pemakaian pupuk lebih hemat.
- c. Tanaman yang mati lebih mudah diganti dengan tanaman yang baru.
- d. Tidak membutuhkan banyak tenaga kasar karena metode kerja lebih hemat dan memiliki standarisasi

- e. Tanaman dapat tumbuh lebih pesat dan dengan keadaan yang tidak kotor dan rusak.
- f. Hasil produksi lebih kontinu dan lebih tinggi dibanding dengan penanaman tanah.
- g. Beberapa jenis tanaman bisa dibudidayakan di luar musim.

2.5 Kelembaban Udara

Menurut Manan et al, (1986:49) kelembaban udara adalah ukuran banyaknya uap air di udara. Satuannya dalam bentuk persentase. Walaupun uap air hanya merupakan sebagian kecil saja dari seluruh atmosfer akan tetapi berperan penting dalam kehidupan. Kandungan uap air di udara berubah-ubah bergantung pada suhu. Makin tinggi suhu, makin banyak kandungan uap airnya.

Ada beberapa jenis kelembaban udara, yaitu kelembaban spesifik, kelembaban mutlak dan kelembaban nisbi. Kelembaban spesifik adalah perbandingan antara massa udara sebenarnya di atmosfer dengan satu massa udara, pada umumnya dinyatakan dengan satuan gram/kg. Kelembaban mutlak atau absolut adalah jumlah sebenarnya uap air yang ada di udara yang dinyatakan dalam satuan gram/m³. Kelembaban nisbi atau *relative humidity* (RH) adalah perbandingan antara jumlah uap air yang sebenarnya terhadap jumlah uap air yang maksimal dapat dikandung pada suhu dan tekanan itu. Satuan kelembaban nisbi adalah (%) dan paling banyak digunakan dalam bidang meteorology (Manan et al, 1986:52).

2.5.1 *Relative Humidity*

Relative humidity (RH) berpengaruh pada pertumbuhan tanaman dan hasil produktivitas tanaman. Perubahan kelembaban mempengaruhi karakter agronomi yang meliputi tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering tanaman, tajuk, akar, batang, daun, bunga. Penurunan RH dapat menyebabkan penurunan tinggi tanaman, bobot kering daun, panjang akar, bobot kering tanaman, tajuk tanaman, akar, batang, daun, bunga, dan tunas (Djumali dan Mulyaningsih, 2014).

Kelembaban media tanam atau RH berpengaruh pada pertumbuhan jagung. RH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan timbulnya jamur pada saat proses

penyemaian benih. Hal tersebut dapat menyebabkan benih gagal berkecambah dan tumbuh. Sedangkan RH yang terlalu rendah menyebabkan benih terlalu kering sehingga menyebabkan pertumbuhan benih tidak baik karena kekurangan kadar air di udara. RH yang optimal untuk proses pertumbuhan jagung berkisar antara 70% hingga 85% (Rikumahu et al. 2012).

2.6 Humidifier

Humidifier adalah alat yang digunakan untuk meningkatkan kelembaban udara (RH) yang ada di suatu ruangan. *Humidifier* untuk *greenhouse* pada umumnya terhubung dengan sistem kontrol melalui relay. *Humidifier* akan hidup secara otomatis dengan perintah dari sistem kontrol sesuai dengan tingkat RH yang telah ditentukan. Cara kerja humidifier pada umumnya ialah menyemburkan butiran-butiran air atau kabut untuk meningkatkan kelembaban udara yang ada di ruangan. (Lomo, 2016).

Humidifikasi adalah proses peningkatan jumlah kadar air dalam aliran gas dengan melewati aliran gas di atas cairan yang kemudian akan menguap ke dalam gas. Alat yang digunakan ialah pompa air, selang dan *nozzle*. Cara kerjanya ialah air dipompa menuju *nozzle* melalui pipa. Akibat tekanan yang tinggi dari pompa dan ukuran lubang *nozzle* yang kecil maka keluarlah kabut air (Fahmi et al, 2014).



(a) Nozzle; (b) Pompa Reverse Osmosis (RO); (c) Selang
Gambar 2. 2 Komponen Humidifier (Wahono dan Yohana, 2014).

2.7 Greenhouse

Greenhouse adalah bangunan yang tertutupi dengan bahan transparan seperti kaca atau plastik. Bahan yang pada umumnya digunakan untuk penutup

greenhouse ialah kaca, *polyethylene*, *fiberglass-reinforced panel* dan *polycarbonate panels*. Bahan yang digunakan tembus pandang agar mudah dikontrol dari luar.

Greenhouse dirancang untuk mengontrol iklim mikro yang ada di dalamnya sehingga dapat menyesuaikan dengan karakteristik tanaman yang ditanam. Hal yang dapat dikontrol di dalam *greenhouse* ialah suhu, cahaya, kelembaban udara dan konsentrasi CO₂. Hal tersebut dapat meningkatkan kualitas dan produksi dari tanaman yang ditanam di dalamnya (Reddy, 2016).

Budidaya tanaman dengan menggunakan rumah kaca (*greenhouse*) dapat menghasilkan produksi yang lebih tinggi dibanding budidaya tanaman di lahan biasa. *Greenhouse* memberikan kondisi iklim mikro yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan atau karakteristik tanaman yang akan ditanam. Hal tersebut menghasilkan hasil panen yang lebih tinggi dan kualitas yang seragam. Budidaya dengan cara ini dapat mengatasi kekurangan ketersediaan bahan pangan. Pada umumnya tanaman yang ditanam di *greenhouse* adalah tanaman seperti sayuran, tanaman hias, dan tanaman buah-buahan (Vox et al. 2010).

2.7.1 Sistem Kontrol *Greenhouse*

Iklim mikro di dalam *greenhouse* membutuhkan sistem kontrol yang terpasang pada *greenhouse*. Sistem kontrol tersebut mempunyai 3 jenis operasi yaitu manual, otomatis dan *timer*. Sistem kontrol secara manual berjalan dengan bantuan tenaga manusia. Sedangkan otomatis dan *timer* berjalan dengan bantuan sistem control yang berintegrasi dari mikrokontroler. Perbedaannya, otomatis mengontrol berdasarkan parameter tertentu, sedangkan timer bekerja berdasarkan interval waktu yang telah ditentukan (Marhaenanto et al, 2013).

Greenhouse dikontrol dengan gabungan dari perangkat lunak dan Perangkat keras. Perangkat lunak meliputi program untuk akuisisi data dan perintah untuk mengontrol. Perangkat keras meliputi sensor, mikrokontroler, saklar, komputer dan aktuator. Aktuator digunakan untuk mengontrol iklim mikro yang ada di dalam *greenhouse* yang meliputi temperatur, kelembaban, cahaya dan kadar air. Aktuator yang dapat digunakan ialah kipas, pompa dan sprayer (Marhaenanto et al, 2013).

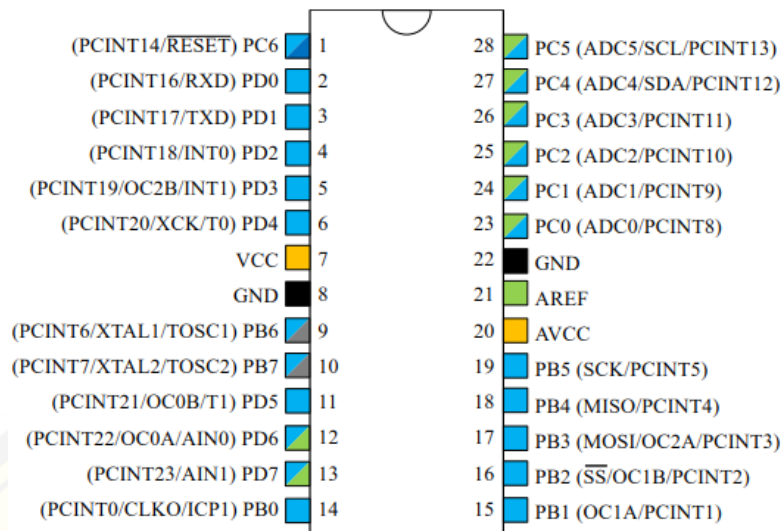
Selain mengontrol iklim mikro yang ada di dalam *greenhouse*, kontrol dapat juga dilakukan dengan parameter dari tanaman yang ditanam dalam *greenhouse* yaitu daun. Pada tanaman tertentu, daunnya memiliki warna hijau yang dapat dideteksi kebutuhan nitrogen dan zat organik lainnya dengan menggunakan alat seperti kamera digital (Putra et al, 2017). Kamera yang digunakan adalah kamera digital biasa sehingga dapat menghemat biaya (Putra dan Soni, 2017). Deteksi kebutuhan zat organik tersebut dapat membantu dalam dosis dan jenis pemberian pupuk yang dibutuhkan tanaman (Putra dan Soni, 2018).

2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan chip mikrokomputer yang secara fisik berupa sebuah IC (*Integrated Circuit*). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian utama seperti CPU, RAM, ROM dan port I/O (*input/output*). Mikrokontroler bekerja berdasarkan program yang telah ditanamkan didalamnya. Pengaplikasiannya biasanya terkait dengan pembacaan data atau pengontrolan alat. Banyak. Mikrokontroler mempunyai banyak tipe, salah satunya ialah mikrokontroler atmega 328 yang digunakan dalam Arduino uno (Dharmawan, 2017).

2.8.1 Mikrokontroler Atmega 328

Atmega 328 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang di produksi perusahaan Atmel. Atmega 328 dilengkapi dengan 28 pin dan mempunyai memori internal SRAM sebesar 2K Byte, memori progam flash sebesar 32K Byte, dan EEPROM sebesar 1 Kilobyte. Adapun kaki-kaki konfigurasi pin atmega 328 dapat dilihat pada Gambar 2.3.

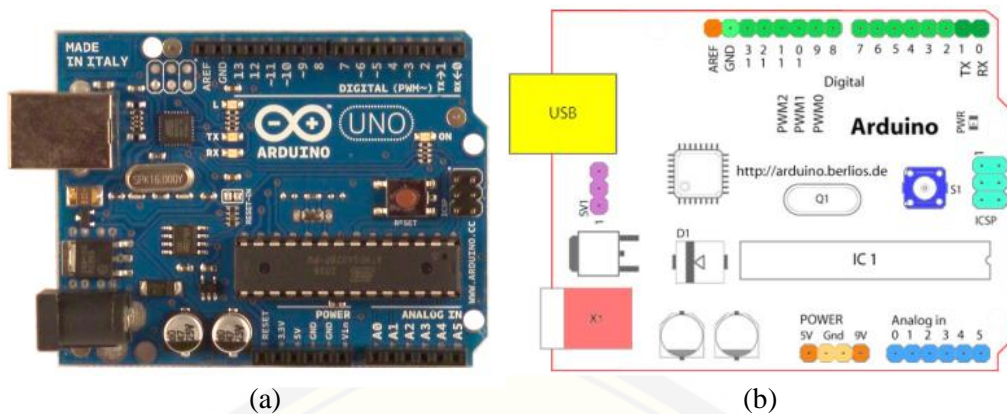


Gambar 2. 3 Konfigurasi kaki-kaki Atmega 328 (Sumber: Atmel, 2016).

2.8.2 Arduino

Papan arduino adalah sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)*. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Arduino mempunyai banyak modul pendukung seperti misalnya sensor, tampilan dan sebagainya (Djuandi 2011).

Arduino Memiliki banyak jenis, yang paling banyak digunakan adalah tipe Duemilanove dan Uno. Arduino Uno adalah generasi yang terakhir setelah Duemilanove dan dari sisi harganya sedikit lebih mahal karena memiliki spesifikasi yang lebih tinggi yaitu memiliki mikrokontroler Atmega328 dan *flash memory* 32 KB (Djuandi, 2011).



Gambar 2. 4 Arduino UNO (Sumber : Djuandi, 2011); (a) Foto Arduino UNO ; (b) Bagian-bagian Arduino UNO

Berdasarkan gambar 2.4 pada poin (b) diketahui bagian-bagian Arduino uno. Penjelasan bagian-bagian tersebut ialah sebagai berikut.

a. Pin 0-13

Pin ini berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Pin ini adalah pin digital. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

b. USB

Fungsi dari USB ini ada 3 yaitu, memuat program dari komputer ke dalam papan; komunikasi serial antara papan dan computer; dan memberi daya listrik kepada papan.

c. SV1

SV1 adalah Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.

d. Q1

Q1 Adalah Kristal, komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada microcontroller agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

e. S1

S1 adalah tombol reset. Tombol reset ini berfungsi untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroler.

f. ICSP

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram microcontroller secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

g. IC1

IC1 adalah mikrokontroler atmega 328 yang berfungsi sebagai otak. Mikrokontroler atmega 328 merupakan komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

h. X1

X1 adalah port untuk sumber daya eksternal. Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V. Pada umumnya port ini dapat menggunakan adaptor.

i. Analog in 0-5

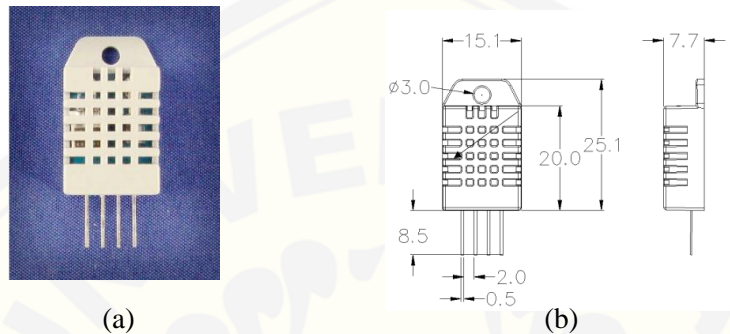
Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

2.9 Sensor DHT 22

Komponen sensor DHT 22 adalah sensor yang mendeteksi suhu dan RH dengan keluaran berupa sinyal digital dengan satuan ($^{\circ}\text{C}$) untuk suhu dan (%) untuk RH. Sensor ini berkomunikasi secara serial dengan mikrokontroler dan dapat dihubungkan dengan pin digital yang ada di Arduino. Sensor ini lebih baik dan memiliki presisi yang lebih tinggi dibanding dengan sensor terdahulunya yaitu dht 11.

Sensor DHT 22 memiliki spesifikasi yang cukup baik. Elemen pendeteksinya terbuat dari kapasitor polimer. Daya yang digunakan ialah 3,3 – 6 V. Rentang deteksi RH berkisar antara 0-100%, sedangkan untuk suhu berkisar -40° ~ $+80^{\circ}$ Celcius. Akurasi pengukuran RH berkisar 2% - 5% dengan Periode

pemindaian rata-rata: 2 detik. Hal tersebut lebih baik disbanding dengan seri DHT yang terdahulu yaitu DHT 11 yang mempunyai ketelitian 11%-35%. Jangkauan sensor ini mencapai 20 meter. Sensor ini memiliki 4 pin, dengan pin 1 sebagai VDD; pin 2 sebagai data; pin 3 sebagai null; dan pin 4 sebagai *ground*. Gambar DHT 22 dapat dilihat pada Gambar 2.5 (Liu, Tanpa Tahun).

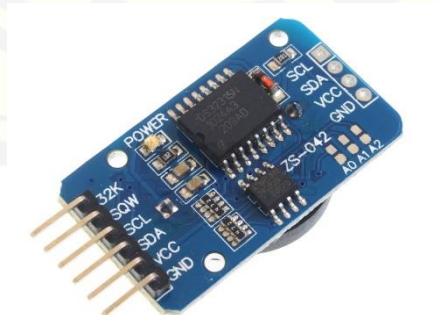


(a) Foto Sensor DHT 22; (b) Dimensi sensor DHT 22 dalam satuan mm

Gambar 2. 5 Sensor DHT 22 (Sumber : Liu, Tanpa Tahun).

2.10 Modul RTC

Modul *real time clock* (RTC) adalah sebuah modul yang menyediakan data berupa waktu dari sirkuit yang terintegrasi. Data waktu yang dapat diperoleh ialah tanggal, hari dan jam. Modul RTC dapat digunakan pada suatu sistem kontrol untuk mengontrol sesuatu dengan ketentuan waktu. Modul RTC memiliki 4 jenis yaitu DS3231, DS1302, DS1307 dan PCF8563. Fungsi modul RTC dari semua tipe-tipe tersebut sama hanya berbeda komponen saja. Berikut salah satu contoh gambar modul RTC tipe DS3231 (Hughes, 2016:348).



Gambar 2. 6 Modul RTC

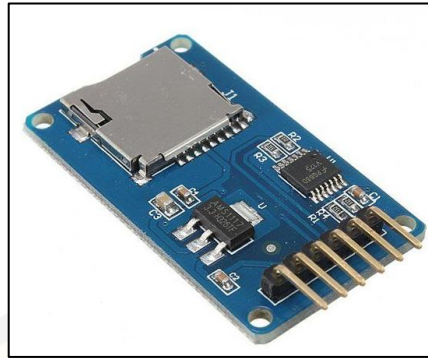
Berdasarkan Gambar 2.6 diketahui bahwa modul RTC DS3231 memiliki 6 pin yaitu 32K, SQW, SCL, SDA, VCC, dan Gnd. Berikut penjelasan kaki kaki tersebut.

- a. 32K, kaki ini merupakan output 32K yang dapat digunakan sebagai catu daya. Kaki ini membutuhkan resistor *pull-up* eksternal. Jika kaki ini tidak digunakan dapat dibiarkan terbuka.
- b. SQW, kaki ini adalah keluaran gelombang persegi. Kaki ini juga membutuhkan resistor *pull-up* eksternal. Jika kaki ini tidak digunakan dapat dibiarkan terbuka.
- c. SDA, kaki ini adalah pin untuk *output/input* data.
- d. SCL, kaki ini adalah masukan *serial clock*. Kaki ini digunakan untuk mensinkronisasi data waktu yang dihasilkan modul.
- e. VCC, kaki ini adalah kaki yang dihubungkan ke sumber catu daya.
- f. Gnd, kaki ini adalah ground (Dallas, 2006).

2.11 Modul SD card

Komponen modul SD *card* adalah modul pembaca kartu micro SD, melalui sistem *file* dan SPI antarmuka. Sistem tersebut digunakan untuk modul SD *card* agar dapat melakukan fungsi membaca dan menulis kartu ke dalam SD *card*. Keuntungan modul SD *card* bagi pengguna Arduino, ialah dapat langsung digunakan pada board Arduino. Hal tersebut dikarenakan software Arduino IDE dilengkapi *library* kartu SD untuk menyelesaikan inisialisasi Modul SD *card*. Fungsi membaca dan menulis tersebut dapat digunakan pada perekaman data (*data logger*) (Indoware, 2013).

Modul SD *card* mempunyai pin sebanyak enam yaitu, GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS. Adapun sambungan pin tersebut ialah sebagai berikut, GND ke ground, VCC adalah power supply, MISO (Master In Slave Out) dan MOSI (Master Out Slave In) adalah komunikasi data antara program dan mikrokontroler, SCK adalah SPI bus, CS adalah chip pilih pin sinyal. Gambar modul SD *card* dapat dilihat pada Gambar 2.7.

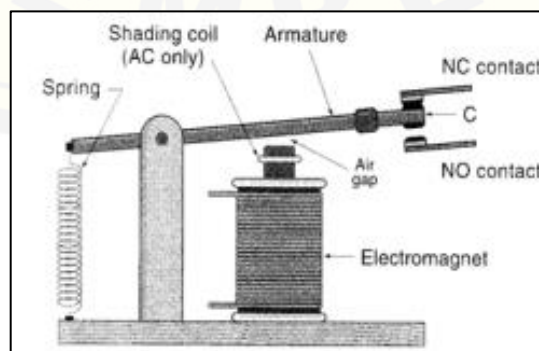


Gambar 2. 7 Modul SD card (Sumber : Indoware, 2013)

2.12 Relay

Relay adalah sebuah komponen elektronika yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. Relay yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Relay elektromekanis adalah saklar yang digerakkan secara mekanis oleh daya/energi listrik. Fungsi dari relay secara garis besar ialah sebagai berikut: (a) *Remote control*, dapat menyalakan atau mematikan alat dari jarak jauh; (b) Penguatan daya, menguatkan arus atau tegangan; (c) Pengatur logika kontrol suatu sistem (Wicaksono, 2009).

Relay terdiri dari komponen utama yaitu *coil* dan *contact*. *coil* adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang *contact* adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*. Jadi, cara kerja relay elektromagnetik adalah ketika coil dialiri energi listrik, akan timbul gaya elektromagnetik yang akan menarik *armature* yang berpegas, dan *contact* akan menutup. Skema relay elektromagnetik dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Skema relay elektromagnetik (Sumber : Wicaksono, 2009).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2018 di *Greenhouse* Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang terletak di jalan Kalimantan, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember Jawa timur.

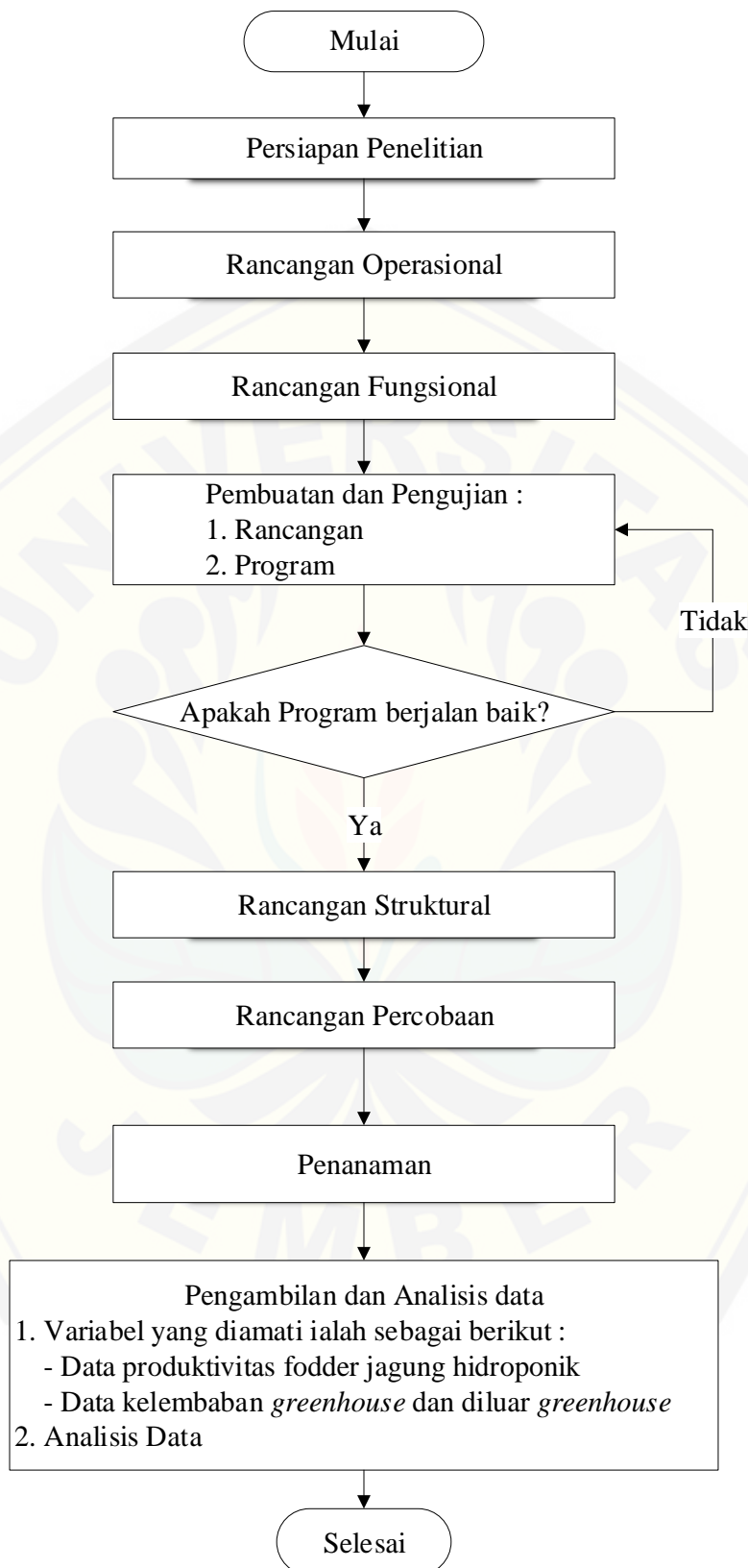
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini ialah : 18 Nampan 30 cm x 60 cm, Timbangan digital, rak, sprayer, 2 buah kipas, kain hitam, *Greenhouse*, Arduino UNO, sensor DHT 22, relay 5V, LCD 16x2, modul *SD Card*, *SD Card*, modul RTC, Kabel Jumper.

Bahan yang digunakan ialah benih jagung varietas DK 77 sebanyak 800 gram per nampan dengan nampan sebanyak 18 sehingga total biji jagung sebanyak 14,4 kg. Penggunaan benih jagung varietas DK 77 dikarenakan selain harganya murah juga banyak ditemukan di daerah Jember. Bahan yang lain ialah air untuk menyiram tanaman dan juga sebagai pengatur kelembaban. Bahan yang lain ialah pupuk NPK (Gandasil D) untuk memberikan perlakuan pada jagung.

3.3 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1. Penelitian ini dimulai dari persiapan alat dan bahan hingga analisis data yang diperoleh.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.3.1 Persiapan Penelitian

Tahap pertama yang dilakukan ialah melakukan studi literatur tentang tanaman jagung. Hal yang perlu diperhatikan ialah tentang karakteristik dan syarat tumbuh jagung, terutama kelembaban yang cocok untuk jagung tumbuh. Selain itu juga mempelajari penelitian terdahulu tentang *fodder* jagung hidroponik.

Selain mempelajari studi literatur tentang jagung, pada penelitian ini juga perlu mempelajari literatur tentang sistem kontrol *greenhouse* berbasis arduino. Hal yang perlu diperhatikan ialah cara pemrograman Arduino untuk mengontrol sistem. Cara kerja alat untuk mengontrol RH yang ada di *greenhouse* juga perlu dicoba dan dipelajari.

Selain melakukan studi literatur, persiapan yang perlu disiapkan ialah alat dan bahan. Bahan yang disiapkan berupa benih jagung sebanyak 800 gram per nampan dengan nampan sebanyak 18, jadi total ada 12,6 kg biji jagung. Benih jagung yang digunakan adalah benih jagung jenis DK 77. Tempat yang digunakan harus dibersihkan terlebih dahulu dan alat pengontrol kelembaban juga perlu diperiksa. Sprayer dan kipas juga dilakukan pengecekan kondisinya. Nampan yang akan digunakan disiapkan dan dilubangi bagian bawahnya untuk resapan air.

3.3.2 Rancangan Operasional

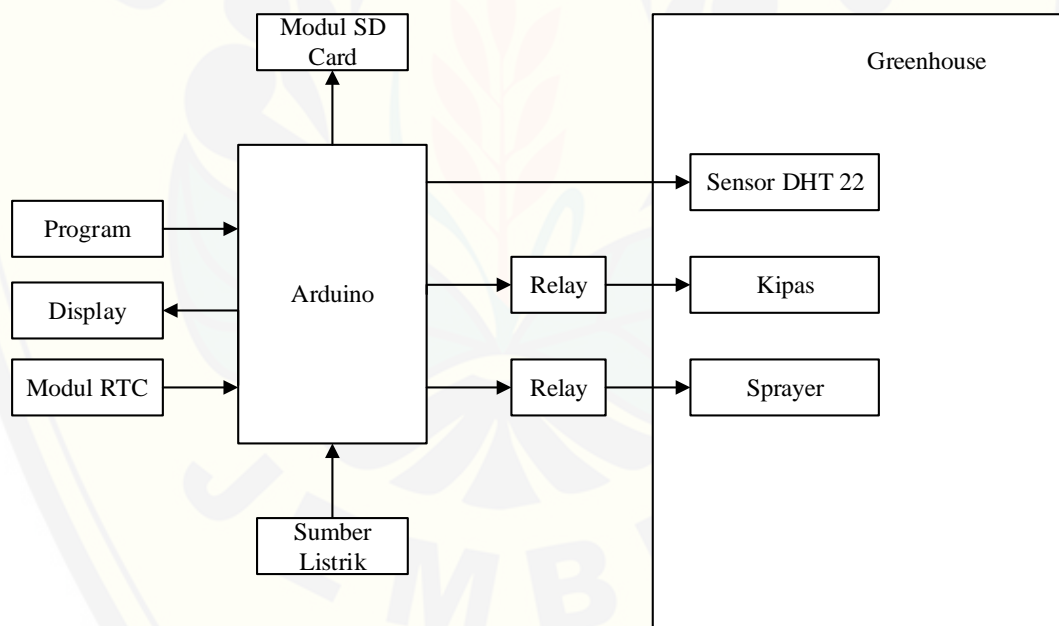
Sistem Kontrol dirancang untuk mempertahankan kelembaban udara pada rentang 70% - 85%. Sebuah Sensor DHT 22 digunakan untuk mendeteksi RH yang ada di dalam *greenhouse* dan mengirimkan hasilnya ke Arduino. Arduino mengolah data tersebut dan menampilkannya ke luaran *display* agar dapat dilihat hasil pembacaan RH. Hasil Pembacaan RH itu kemudian digunakan untuk menentukan perintah hidup dan mati untuk sprayer dan kipas. Apabila kelembaban mencapai batas atas (85%), maka kipas akan hidup untuk menurunkan kelembaban hingga 80%. Sedangkan apabila kelembaban mencapai batas bawah (70%), maka sprayer akan hidup untuk meningkatkan kelembaban hingga 75%. Jadi pada rentang RH 75-80%, tidak ada mesin yang hidup. Hal tersebut bertujuan agar sprayer dan kipas tidak hidup terus menerus, sehingga dapat menghemat energi.

Selain melakukan pembacaan kelembaban udara (RH), sistem kontrol ini juga melakukan perekaman data kelembaban. Perekaman dilakukan secara

realtime. Data perekaman harus memiliki keterangan waktu agar dapat diketahui RH pada kondisi tertentu. Perekaman ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem kontrol kelembaban ruang *greenhouse*. Proses perekaman RH tersebut akan diulang dengan interval waktu 1 detik selama sistem kontrol beroperasi

3.3.3 Rancangan Fungsional

Berdasarkan rancangan operasional, sistem kontrol kelembaban ruang *greenhouse* ini memerlukan beberapa unit fungsional antara lain arduino Uno, relay, sensor DHT 22, modul SD card, modul RTC program, Display, *Greenhouse*, sprayer untuk meningkatkan kelembaban, dan kipas untuk menurunkan kelembaban. Ilustrasi rancangan fungsional sistem kontrol kelembaban ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3. 2 Ilustrasi rancangan fungsional

Fungsi dari komponen-komponen tersebut yaitu sebagai berikut:

- a. Sumber Listrik berfungsi sebagai sumber listrik yang dibutuhkan oleh komponen-komponen sistem kontrol suhu. Sumber listrik yang digunakan berasal dari listrik workshop FTP Unej.

- b. Arduino, berfungsi sebagai pusat atau pengendali perintah kepada seluruh komponen sistem.
- c. Program, berfungsi sebagai sekumpulan perintah untuk mengatur fungsi yang akan dijalankan sesuai yang diinginkan pengguna.
- d. Sensor DHT22, sebagai pendeteksi kelembaban di dalam *greenhouse*.
- e. Lluaran Display berfungsi menampilkan informasi kelembaban.
- f. Modul SD *card*, berfungsi sebagai penyimpanan rekaman data
- g. Modul RTC adalah penyedia sumber data waktu baik berupa data jam, hari, bulan maupun tahun untuk perekaman data secara *real time*.
- h. *Relay*, sebagai pemutus dan penyambung arus listrik yang disalurkan.
- i. Kipas digunakan sebagai penurun kelembaban udara di dalam *greenhouse* dengan cara membuang kelembaban udara yang ada di dalam *greenhouse*.
- j. Sprayer digunakan untuk meningkatkan kelembaban dengan cara menyemprotkan kabut.

3.3.4 Pembuatan dan Pengujian

Pembuatan rancangan dibuat skema terlebih dahulu dengan menggunakan software Proteus. Pada software ini ditentukan kaki atau pin mana yang akan digunakan. Penentuan pin tersebut akan berpengaruh pada pembuatan program.

Pembuatan program dibuat dengan program IDE Arduino untuk sistem kontrol kelembaban pada ruang *greenhouse*. Program IDE Arduino menggunakan Bahasa pemrograman C. Perintah-perintah yang ada dalam program meliputi pembacaan sensor DHT22, konfigurasi relay, menampilkan hasil ke LCD, konfigurasi modul RTC, dan penyimpanan data dengan format txt ke dalam modul SD *card*.

Setelah program dan rancangan sudah dibuat, maka perlu diuji dan disimulasikan pada software Proteus. Sistem kontrol dikatakan berfungsi dengan baik jika *relay* sprayer dan kipas hidup atau mati dengan tingkat kelembaban yang telah ditentukan. Selain itu pembacaan sensor dan penyimpanan ke SD *card* juga harus benar. Hasil pembacaan Sensor harus muncul pada LCD. Apabila sistem kontrol masih belum sesuai maka perlu dilakukan pembuatan ulang dan kalibrasi

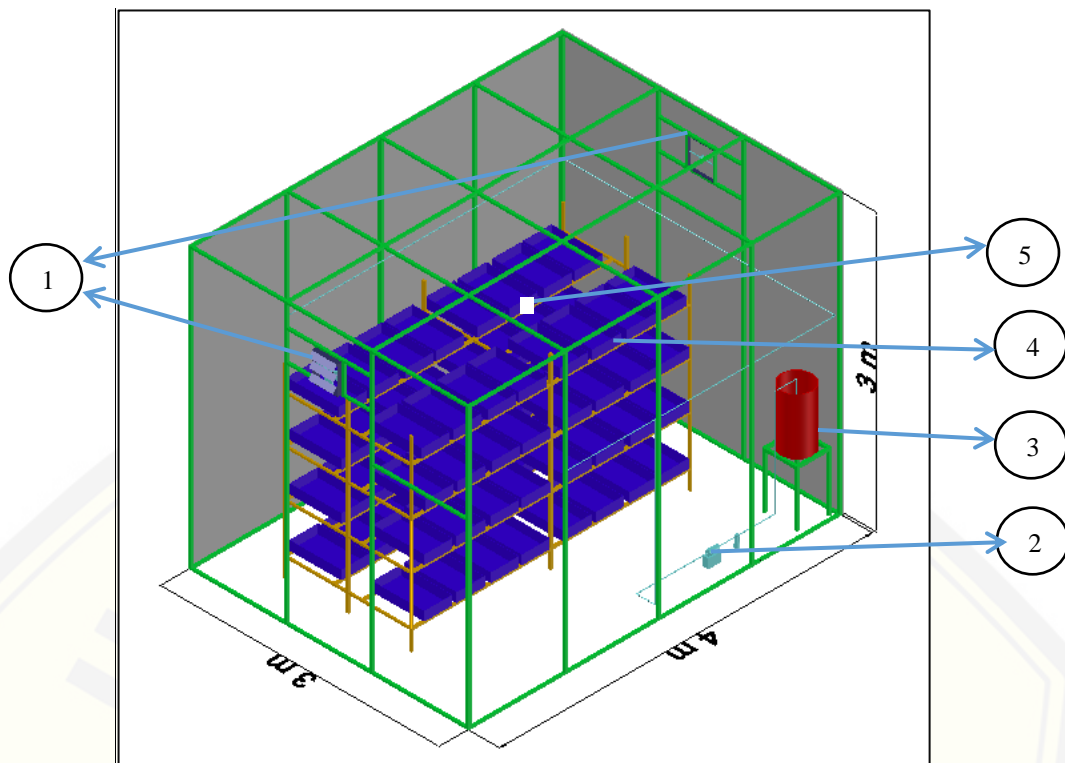
alat dan sensor. Apabila telah sesuai dengan yang diinginkan maka dapat dibuat rancangan yang sesungguhnya dengan komponen yang ada.

3.3.5 Rancangan Struktural

Rangkaian Elektronika yang dibutuhkan sudah terangkai dalam satu paket Arduino dan ada dalam panel *box* sistem kontrol. Panel *box* berada di luar *greenhouse* agar mudah saat pengecekan. Panel *box* terbuat dari besi dan tertutup agar rangkaian elektronika yang ada di dalam terlindungi dari hujan dan gangguan lainnya. Rangkaian elektronika ini terhubung dengan catu daya yang bersumber dari kabel yang sudah dihubungkan dengan sumber daya yang ada di gedung workshop teknik pertanian.

Greenhouse yang digunakan berukuran 4m x 3m x 3m. kerangka yang digunakan terbuat dari besi dengan dinding *greenhouse* ditutup dengan lapisan polikarbonat. Rak yang digunakan didalam *greenhouse* juga terbuat dari besi dengan 4 tingkatan. Panjang rak 3 meter, lebar 1,5 meter dan tinggi 2,5 meter. Nampan yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari plastik dengan ukuran 30 x 60 cm.

Aktuator atau alat yang digunakan untuk menurunkan dan meningkatkan kelembaban sesuai dengan rentang yang diinginkan adalah kipas dan sprayer. Kipas yang digunakan adalah jenis *exhaust fan* dan terletak di bagian depan dan belakang *greenhouse*. *Sprayer* dilengkapi dengan pompa kecil untuk memompa air ke *nozzle* melalui selang. *Nozzle* terletak di pinggir bagian dalam *greenhouse*. Berikut desain rencana *greenhouse* yang akan digunakan.



Keterangan gambar:

1. Kipas
2. Pompa Sprayer
3. Bak Air
4. Nampan
5. Sensor DHT 22

Gambar 3. 3 Ilustrasi rancangan struktural *greenhouse*

3.3.6 Rancangan Percobaan

Sebelum membuat rancangan percobaan perlu dilakukan persiapan tempat. Persiapan tempat meliputi tata letak nampan pada *greenhouse* dan di luar *greenhouse*. Penanaman di luar *greenhouse* hanya dilakukan untuk perlakuan P0, hal tersebut bertujuan untuk mengetahui performa sistem kontrol RH di *greenhouse*. Tata letak nampan di dalam *greenhouse* diacak menggunakan metode rancangan acak lengkap. Berikut nampan-nampan yang mempunyai perlakuan dan pengulangan tersendiri.

Setiap perlakuan terdiri dari 3 nampan. Berikut penjabarannya,

- a. P0 : Air saja
- b. P1 : Campuran air 500 ml dan Gandasil D bubuk 1 g.
- c. P2 : Campuran air 500 ml dan Gandasil D bubuk 2 g.
- d. P3 : Campuran air 500 ml dan Gandasil D bubuk 3 g.

- e. P4 : Campuran air 500 ml dan Gandasil D bubuk 4 g.

Tabel 3. 1 Ploting nampan berdasarkan perlakuan dan pengulangan

Perlakuan	Pengulangan		
	U1	U2	U3
P0	P0U1	P0U2	P0U3
P1	P1U1	P1U2	P1U3
P2	P2U1	P2U2	P2U3
P3	P3U1	P3U2	P3U3
P4	P4U1	P4U2	P4U3

Berdasarkan ploting nampan dilakukan pengacakan dari 5 perlakuan dan 3 kali pengulangan dengan metode RAL. Pengacakan ditempatkan pada 3 tingkatan rak yang ada di *greenhouse*. cara mengacak dapat menggunakan undian atau menggunakan bilangan acak. Hasil pengacakan dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.

Rak 1	P1U1	P4U2	P2U1	P1U2	P1U3
Rak 2	P4U1	P2U1	P0U1	P3U3	P0U3
Rak 3	P0U2	P3U1	P2U3	P4U3	P3U2

Gambar 3. 4 Hasil Pengacakan metode RAL

3.3.7 Penanaman

Penanaman Jagung dilakukan dari pembibitan terlebih dahulu. Biji jagung yang akan dibibitkan direndam terlebih dahulu selama 24 jam. Jagung ditimbang dengan berat 800 gram. Selanjutnya disebar secara rapat dan merata pada nampan. Selama proses pembibitan nampan ditutup dengan kain hitam agar pembibitan berlangsung cepat. Karena keadaan yang gelap dapat mempercepat perkecambahan. Penyemaian benih jagung dilakukan selama 3 hari dengan ditutup kain hitam. Penanaman jagung dilakukan selama 6 hari setelah penyemaian dan harus disiram dengan interval waktu 4 jam sekali mulai dari jam 08.00 – 16.00.

Penyiraman jagung dilakukan dengan perlakuan pemberian pupuk. Pemberian pupuk Gandasil D dilakukan pada hari ke-5 penanaman atau pada saat

jagung mulai tumbuh daun dan mulai mempunyai akar yang saling mengikat. Pemberian pupuk diberikan 1 kali selama penelitian.

3.3.8 Pengambilan data dan analisis

Data yang diambil dalam penelitian ini ada dua yaitu data kelembaban dan data tanaman. Data kelembaban diambil dan disimpan ke dalam *memory card* yang sudah terhubung dengan Arduino. Data kelembaban diambil selama 9 hari dengan interval waktu 1 detik. Data tersebut digunakan untuk menguji kinerja sistem kontrol. Data tanaman diambil pada saat hari ke-9 atau saat panen. Data yang diambil ialah berat tanaman. Data tersebut digunakan untuk melihat pengaruh sistem kontrol kelembaban terhadap pertumbuhan *fodder* jagung.

Data yang telah didapat dari hasil pengukuran di analisa menggunakan program *microsoft excel* dengan membuat grafik batang antara perlakuan yang dilakukan dengan produktivitas yang dihasilkan. Selain itu hasil dari perekaman data kelembaban juga dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui kinerja alat pengontrol kelembaban di *greenhouse*.

Produktivitas pakan ternak dari jagung dapat dihitung dengan perbandingan *output* dan *input* dari setiap perlakuan dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \dots \dots \dots 3.1$$

Berdasarkan rumus tersebut, maka dapat dilakukan perbandingan produktivitas *fodder* jagung dari setiap perlakuan. Data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis menggunakan ANOVA satu arah. Ketentuannya, jika $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ maka H_0 diterima. Sedangkan, jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ maka H_0 ditolak. Hipotesis dirumuskan sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat pengaruh yang nyata dari perlakuan pupuk gandasil D untuk *fodder* jagung hidroponik.

H_1 : Terdapat pengaruh yang nyata dari perlakuan pupuk gandasil D untuk *fodder* jagung hidroponik.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Rancangan sistem kontrol kelembaban udara di *greenhouse* berjalan baik, dengan fungsi pembacaan sensor, penyimpanan SD card, penampil data ke LCD dan penggunaan keterangan waktu dengan RTC.
- b. Sistem kontrol kelembaban *greenhouse* mampu untuk meningkatkan kelembaban pada saat kering. Namun kurang mampu untuk menurunkan kelembaban pada saat kondisi terlalu lembab. Namun, untuk produktivitas *fodder* jagung hidroponik di dalam *greenhouse* lebih banyak dengan nilai 245% dibanding dengan produktivitas *fodder* di luar *greenhouse* dengan nilai 203%. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol mampu meningkatkan produktivitas *fodder* jagung hidroponik.
- c. Perlakuan pemberian pupuk dengan dosis yang berbeda pada *fodder* jagung hidroponik tidak berpengaruh nyata terhadap produktivitas *fodder*. Hal tersebut disebabkan oleh umur jagung yang hanya 9 hari masih belum mampu untuk menyerap unsur hara di dalam pupuk dengan baik

5.2 Saran

Terdapat kekurangan dari penelitian ini, oleh karena itu perlu beberapa saran untuk penelitian ke depan yang lebih baik, diantaranya ialah:

- a. Perlu adanya alat seperti dehumidifier agar bisa menurunkan kelembaban pada saat kelembaban terlalu tinggi.
- b. Perlu pemilihan jenis pupuk yang berbeda agar produktivitas *fodder* jagung hidroponik dapat meningkat.
- c. Perlu waktu penanaman yang lebih lama agar jagung dapat menyerap pupuk dengan baik.
- d. Kontruksi *greenhouse* perlu diperbaiki pada bagian atap agar pada saat hujan tidak terjadi kebocoran.

- e. Sistem kontrol kelembaban ini dapat diaplikasikan untuk produksi *fodder* sebagai solusi kekurangan hijauan pada saat musim kemarau.
- f. Dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan parameter suhu dan cahaya pada sistem kontrol iklim mikro yang ada di dalam *greenhouse*.



DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. N. 2014. *Sukses Bertani Buncis: Sayuran Obat Kaya Manfaat*. Garudawacha.
- Atmel. 2016. *ATmega328/P Datasheet Complete*. Atmel Corporation http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf. [diakses 09 April 2018].
- Dallas. 2006. Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal. [Serial Online]. <https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-010908-124414/unrestricted/DS3231-DS3231S.pdf>. [diakses 15 April 2018].
- Dharmawan, H. A. 2017. *Mikrokontroller Konsep Dasar Dan Praktis*. Cetakan I. Malang: UB Press.
- Djuandi, F. 2011. *Pengenalan Arduino. E-Book*. <http://www.tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>. [diakses 05 Januari 2018].
- Djumali dan Mulyaningsih S. 2014. Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Karakter Agronomi, Hasil Rajangan Kering Dan Kadar Nikotin Tembakau. *Berita Biologi 13(1) - April 2014* 1–11.
- Fahmi, M. N., Yohana, A. dan Sugiyanto. 2014. Simulasi Distribusi Suhu Dan Kelembaban Relatif. *Jurnal Teknik Mesin S-1*. Vol. 2, No. 1. Universitas Diponegoro. <https://media.neliti.com/media/publications/134897-ID-simulasi-distribusi-suhu-dan-kelembapan.pdf>. [diakses 15 April 2018].
- Hanum, C. 2008. *Teknik Budidaya Tanaman Jilid 2*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Hughes, M. J. 2016. *Arduino: A Technical Reference*. United States of America: O'Reilly Media.
- Indoware. 2013. *Manual MicroSD Card Adapter*. http://dropbox.indoware.com/files/www.indoware.com_Manual_MicroSD_Card_Adapter.pdf. [diakses 10 Januari 2018].
- Jemimah, R., Gnanaraj, P. T., Muthuramalingam, T., dan Devi, T. 2015. Hydroponic Green Fodder Production - TANUVAS Experience. [Serial Online]. (htjfuswy4u0ig5rtwb2j3nh4)/Uploads/SucessStory/TAMILNADU/2016/2016023524Hydroponic_Final.pdf. [diakses 10 Januari 2018].
- Lingga, Pinus. 1997. *Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. Revisi. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Liu, T. Tanpa Tahun. Datasheet DHT - Temperature and Humidity Sensor. 22:1–10.
- Lomo, L. A. 2016. *Smart Greenhouse* Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2650 Rev 3 *Smart Greenhouse* Based on Arduino Mega 2650 Rev 3 Microcontroller. *Skripsi*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma.
- Manan, M. E., Nursiawan M. A., dan Soedarsono. 1986. *Alat Pengukur Cuaca Di Stasiun Klimatologi*. Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA-IPB.
- Marhaenanto, B. dan Singh, G. 2002. Development of a com-puter-based *greenhouse* environment controller. Proc.World Cong. *Computers in Agriculture and Natural Resources*, Iguassu Falls, Brazil, 136-146.
- Marhaenanto, B., Soni, P. dan Salokhe, V. M. 2013. Development of an internet-based *greenhouse* control sistem. *International Agricultural Engineering Journal*. Vol 22, No.22.
- Purwanto, A. W. dan Purwanotono, A. 2007. *Puring*. Yogyakarta: Kanisius.
- Putra, B. T. W. dan Soni, P. 2018. Enhanced broadband greenness in assessing Chlorophyll a and b, Carotenoid, and Nitrogen in Robusta coffee plantations using a digital camera. *Precision Agric*. 19:238–256.
- Putra, B. T. W. dan Soni, P. 2017. Evaluating NIR-Red and NIR-Red edge external filters with digital cameras for assessing vegetation indices under different illumination. *Infrared Physics & Technology*. 81:148–156.
- Putra, B. T. W., Soni P., Morimoto, Eiji. dan Pujiyanto, P. 2018. Estimating biophysical properties of coffee (*Coffea canephora*) plants with above-canopy field measurements, using CropSpec®. *Int. Agrophys*. 32.
- Reddy, P. P. 2016. Sustainable Crop Protection under Protected Cultivation. *Springer*. 1–434.
- Rikumahu, V. V., Pongoh, J., dan Paulus, J. M. 2012. Perkecambahan Benih Jagung (*Zea Mays L.*) Pada Berbagai Umur Panen Benih Dan Kelembaban Media Tanam. *Euigenia* 18(3). Fakultas Pertanian Unsrat Manado.
- Riwandi, Handajaningsih M., dan Hasanudin. 2014. *Teknik Budidaya Jagung Dengan Sistem Organik Di Lahan Marjinal*. Cetakan ke-I. Bengkulu : Unib Press.
- Rukmana, Rahmat. 2008. *Usaha Tani Jagung*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sugiarto, Yusron. 2013. Bangunan – Pertanian Syarat Mutu Rumah Tanaman *Greenhouse*. <http://yusronsugiarto.lecture.ub.ac.id/files/2013/05/Materi-9-Bangper-GH.pdf>. [diakses 3 Juni 2018).

- Suntoro dan Astuti P. 2014. Pengaruh Waktu Pemberian Dan Dosis Pupuk NPK Pelangi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis Varietas Sweet Boys (*Zea Mays Saccharata Sturt*). *Agrifor*. Volume 9 Nomor 2 :213–22.
- Suwandi. 2015. Outlook Komoditas Pertanian Subsektor Pangan Jagung. Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian. ([http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/outlook/2015/Tanaman Pangan/Outlook Jagung 2015/files/assets/common/downloads/Outlook Jagung 2015.pdf](http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/outlook/2015/Tanaman_Pangan/Outlook_Jagung_2015/files/assets/common/downloads/Outlook_Jagung_2015.pdf)).
- Syafruddin. 2015. Manajemen Pemupukan Nitrogen Pada Tanaman Jagung. *Jurnal Litbang Pert.* Vol. 34 No. 3: 105-116.
- Umiyasih, U. dan Wina E. 2008. Pengolahan Dan Nilai Nutrisi Limbah Tanaman Jagung Sebagai Pakan Ternak Ruminansia. *Wartazoa*. 18(3):127–36.
- Vox, Giuliano, Meir Teitel, Alberto Pardossi, Andrea Minuto, Federico Tinivella, dan Evelia Schettini. 2010. *Sustainable Greenhouse Systems*. https://www.researchgate.net/profile/Evelia_Schettini/publication/260017319_Chapter_1_Sustainable_Greenhouse_Systems_in_Sustainable_Agriculture_Technology_Planning_and_Management_Augusto_Salazar_e_Ismael_Rios_Editors_Nova_Science_Publishers_Inc_NY_USA/lin.
- Wahono, S., Sugiyanto dan Yohana, E. 2014. Eksperimen Pengaturan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Tanaman (*Greenhouse*) Dengan Sistem Humidifikasi. *Jurnal Teknik Mesin S-1*. Vol. 2, No. 1. Universitas Diponegoro. <https://media.neliti.com/media/publications/141254-ID-eksperimen-pengaturan-suhu-dan-kelembaba.pdf>. [diakses 15 April 2018].
- Wicaksono, H. 2009. *Relay-Prinsip dan Aplikasi*. <http://learnautomation.files.wordpress.com/2009/08/modul-keseluruhan-automasi-1-1-bab-2.pdf>. [diakses 15 April 2018].

LAMPIRAN

Lampiran 1. Produktivitas *fodder* jagung hidroponikProduktivitas *fodder* jagung hidroponik

No	Perlakuan	Pengulangan			Total	Rata2
		U1	U2	U3		
1	P0	234%	254%	247%	735%	245%
2	P1	250%	251%	244%	744%	248%
3	P2	235%	240%	259%	734%	245%
4	P3	258%	253%	259%	769%	256%
5	P4	248%	253%	254%	754%	251%
Total					3737%	
Rata-rata Umum						249%

Produksi Jagung dalam satuan kg

No	Perlakuan	Pengulangan			Total	Rata2
		U1	U2	U3		
1	P0	2,34	2,54	2,47	7,35	2,45
2	P1	2,50	2,51	2,44	7,44	2,48
3	P2	2,35	2,40	2,59	7,34	2,45
4	P3	2,58	2,53	2,59	7,69	2,56
5	P4	2,48	2,53	2,54	7,54	2,51
Total					37,37	
Rata-rata Umum						2,49

Lampiran 2. Hasil Analisis deskriptif dengan SPSS

Descriptives								
Produktivitas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					P0	3		
P1	3	1.481	.0403	.0233	1.381	1.581	1.4	1.5
P2	3	1.447	.1233	.0712	1.141	1.753	1.4	1.6
P3	3	1.564	.0312	.0180	1.487	1.642	1.5	1.6

P4	3	1.514	.0289	.0167	1.442	1.586	1.5	1.5
Total	15	1.491	.0790	.0204	1.448	1.535	1.3	1.6

Lampiran 3. Hasil Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

Produktivitas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.140	4	10	.065

Lampiran 4. Hasil analisis sidik ragam

ANOVA

Produktivitas	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.029	4	.007	1.237	.356
Within Groups	.058	10	.006		
Total	.087	14			

Lampiran 5. Dokumentasi Alat dan bahan



(a)



(b)

Gambar (a) Nampan dilubangi untuk resapan air; (b) Perendaman jagung selama 24 jam

Lampiran 6. Penyemaian benih jagung



(a)



(b)



(c)

Gambar (a) Penimbangan jagung seberat 800 gram; Gambar (b) Hasil penyebaran jagung secara merata di nampan; Gambar (c) Nampan yang ditutup kain hitam selama 3 hari.

Lampiran 7. Pemupukan jagung

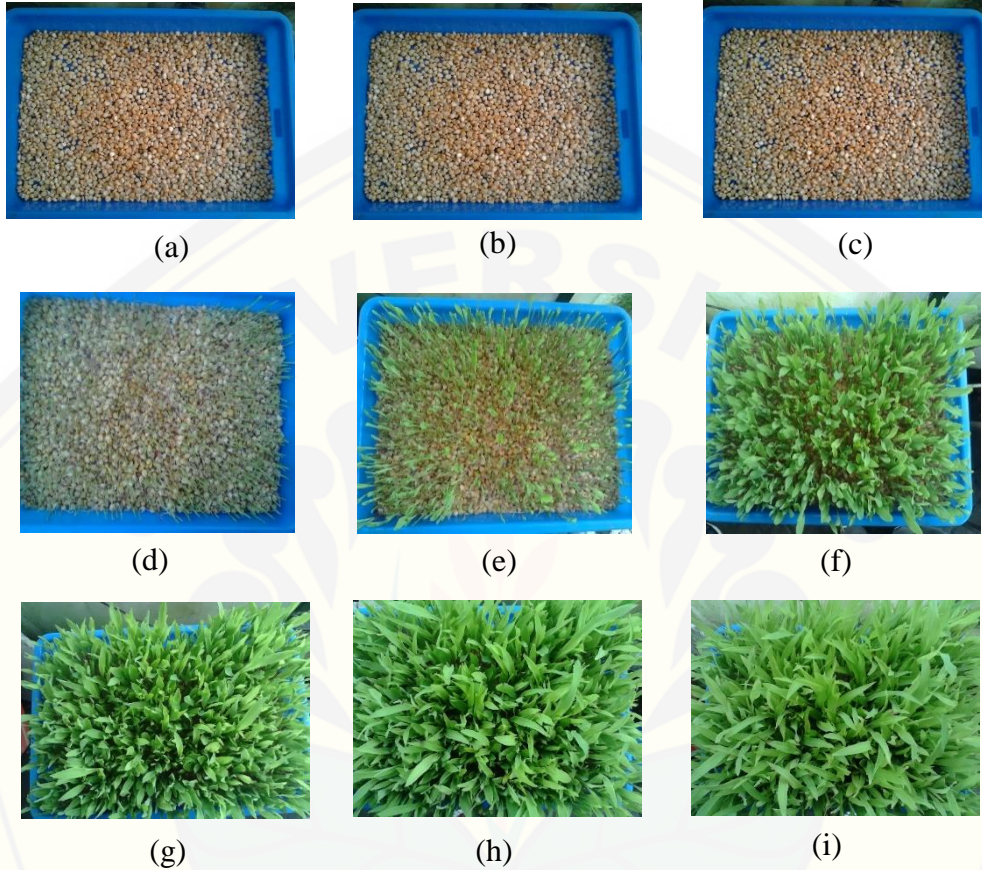


(a)



(b)

Gambar (a) Pupuk gandasil D ditimbang sesuai dengan dosis perlakuan; Gambar (b) Pemupukan pada *fodder* jagung menggunakan hand sprayer.

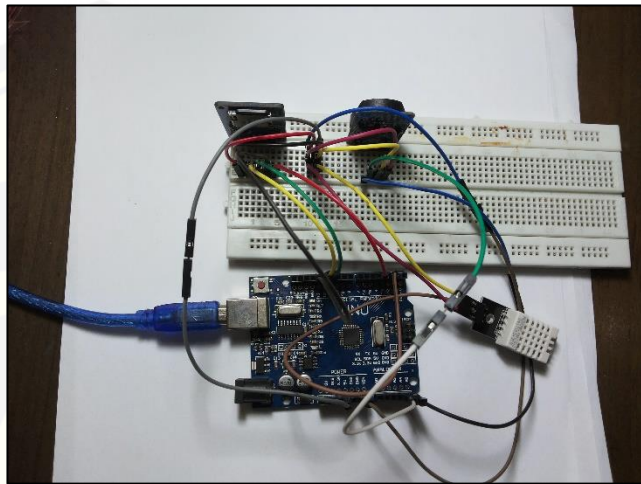
Lampiran 8. Dokumentasi pertumbuhan *fodder* jagung

Gambar (a) Hari ke-1; Gambar (b) Hari ke-2; Gambar (c) Hari ke-3; Gambar (d) Hari ke-4; Gambar (e) Hari ke-5; Gambar (f) Hari ke-6; Gambar (g) Hari ke-7; Gambar (h) Hari ke-8; Gambar (i) Hari ke-9;

Lampiran 9. Rangkaian Elektronika



(a)

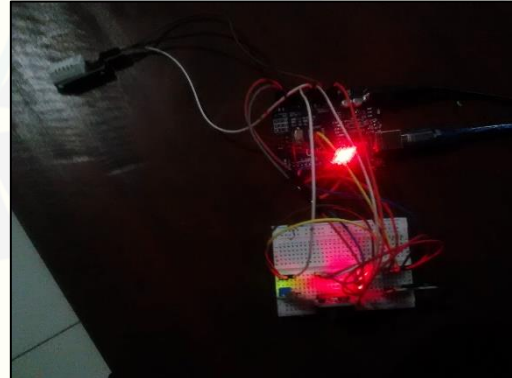


(b)

Gambar (a) Rangkaian Elektronik di *greenhouse*; Gambar (b) Rangkaian elektronik di luar *greenhouse* untuk merekam data kelembaban di luar *greenhouse* sebagai pembandingan.



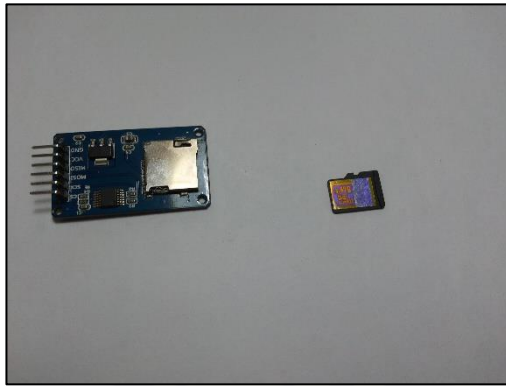
(c)



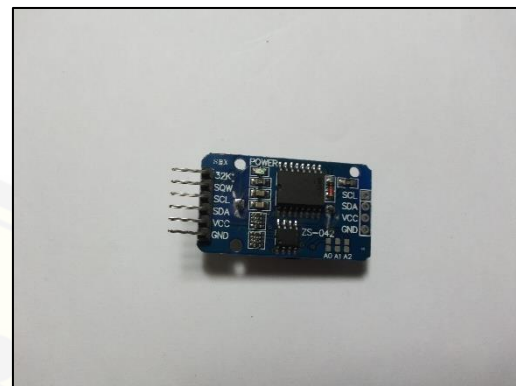
(d)

Gambar (c) Kotak panel sistem kontrol kelembaban yang ada di luar *greenhouse*; Gambar (d) Rangkaian elektronik di luar *greenhouse* yang terletak di balkon laboratorium energi, otomasi dan instrumentasi pertanian.

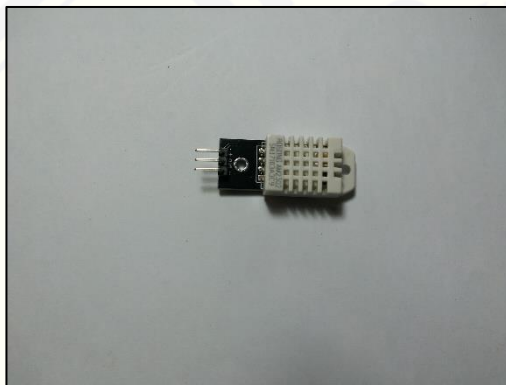
Lampiran 10. Komponen Elektronika



(a)



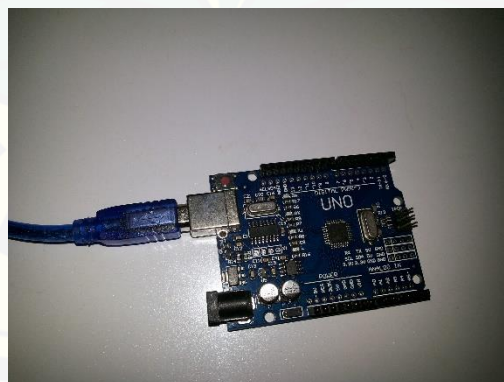
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar (a) Modul SD card dan SD card berkapasitas 2 GB; Gambar (b) Modul *real time clock* (RTC) jenis DS3231; Gambar (c) Modul DHT 22 untuk mendeteksi kelembaban; Gambar (d) Kabel pelangi; Gambar (e) Board Arduino Uno

Lampiran 11. *Greenhouse*

Gambar (a) *Greenhouse* tampak samping; Gambar (b) *Greenhouse* tampak depan

Lampiran 12. Komponen Pengontrol *Greenhouse*

(c)

Gambar (a) Kipas Exhaust fan; Gambar (b) Pompa RO; Gambar (c) Selang dan nozzle yang diletakkan di pinggir bagian dalam *greenhouse*

Lampiran 13. Program Arduino untuk *Greenhouse*


```
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <DHT.h>
#include <DS3231.h>
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal lcd(10, 9, 8, 7, 6, 5);
DS3231 rtc(SDA, SCL);
const int Relay1 = A1; //kipas
const int Relay2 = A2; //Sprayer
File myFile;

void setup ()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode (Relay1, OUTPUT);
  pinMode (Relay2, OUTPUT);
  dht.begin();
  rtc.begin ();
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("Greenhouse TEP");
  while (!Serial) { ;
  }
  Serial.print("Mengecek SD Card...");
  if (!SD.begin(4)) {
    Serial.println("Pengecekan Gagal!");
    return;
  }
  Serial.println("SD Card siap digunakan");
}

void loop ()
{
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  Serial.print (rtc.getDateStr());
  Serial.print (" ");
  Serial.print (rtc.getTimeStr());
  Serial.print (" ");
  Serial.print (h);
  Serial.print (" ");
```

```
Serial.println (t);
myFile = SD.open("Data.txt", FILE_WRITE); //Membuka File test.txt
if (myFile) // jika file tersedia tulis data
{
  myFile.print (rtc.getDateStr());
  myFile.print (" ");
  myFile.print (rtc.getTimeStr());
  myFile.print (" ");
  myFile.print (h);
  myFile.print (" ");
  myFile.print (t);
  myFile.close();
}
else
{
  Serial.println("gagal membuka test.txt"); // jika gagal print
error
}
if (h > 85) {
  digitalWrite (Relay1, HIGH); //Kipas Hidup
}
else if (h < 80)
{
  digitalWrite (Relay1, LOW); //Kipas Mati
}
if (h < 70)
{
  digitalWrite (Relay2, HIGH); //sprayer Hidup
}
else if (h > 75)
{
  digitalWrite (Relay2, LOW); //sprayer Mati
}
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print ("RH:");
lcd.print (h);
lcd.print (" T:");
lcd.print (t);
delay(1000);
}
}
```