

**RANCANG BANGUN PERANGKAP SERANGGA HAMA TANAMAN  
KAKAO MENGGUNAKAN SISTEM KENDALI MIKROKONTROLER  
ARDUINO UNO**

**( Skripsi )**

**Oleh**

**WAHYU WIRATAMA**



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

## **ABSTRAK**

### **RANCANG BANGUN PERANGKAP SERANGGA HAMA TANAMAN KAKAO DENGAN SISTEM KENDALI MIKROKONTROLER ARDUINO UNO**

**Oleh**

**WAHYU WIRATAMA**

Kakao merupakan tanaman perkebunan yang berperan penting terhadap perekonomian Indonesia. Masalah utama yang terjadi pada budidaya tanaman kakao adalah serangan hama. Serangan hama pada tanaman kakao berpengaruh terhadap hasil produksi tanaman kakao, akibat serangan serangga hama produksi tanaman kakao dapat menurun hingga lebih dari 80%. Masalah umum yang dihadapi oleh petani kakao di Indonesia adalah serangga hama yang menyerang tanaman kakao. *Helopeltis antonii* dan penggerek buah kakao merupakan salah satu hama utama tanaman kakao yang menyebabkan buah kakao busuk dan mengeras. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan perangkat serangga hama kakao otomatis menggunakan mikrokontroler sebagai sistem kendali alat perangkat serangga hama.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2018 – Mei 2019 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan desa Sukoharjo 1 Kabupaten Pringsewu, Lampung. Proses pembuatan perangkat hama dimulai dari tahap perancangan,

perakitan, pemrograman, pengujian dan penerapan perangkat hama di kebun kakao. Mekanisme kinerja rancangan alat yaitu dapat mendeteksi serangga datang kemudian serangga yang datang akan di dorong oleh kipas sehingga serangga masuk ke dalam bak penampung serangga.

Hasil rancang bangun perangkat serangga hama kakao berbentuk silindris.

Kerangka perangkat hama berukuran tinggi 140 cm, dengan tinggi ruang tangkap 40 cm dan diameter ruang tangkap 20 cm. Bagian atas berbentuk kerucut dengan tinggi 40 cm dan diameter 60 cm. Bagian bawah perangkat berbentuk kerucut dengan ukuran tinggi 40 cm dan diameter 20 cm dan dibawahnya terdapat kotak penampung serangga dengan ukuran 40 cm x 30 cm x 20 cm. Perangkat hama mendapatkan suplai daya dari tenaga panel surya. Komponen perangkat hama terdiri dari sensor E18-D50NK, kipas, lampu, dan pompa air. Hasil pengujian alat menunjukkan bahwa perangkat serangga hama kakao bekerja secara stabil. Hasil pengamatan nilai rata-rata kecepatan waktu penjatuhan serangga adalah 6 menit 33 detik. Efisiensi kinerja alat dalam penangkapan serangga sebesar 82,74%. Hasil pengamatan serangga yang tertangkap menggunakan perangkat hama otomatis selama 44 hari sebanyak 2627 ekor.

Kata kunci : mikrokontroler, pengendalian hama, perangkat serangga, serangga hama, tanaman kakao.

## **ABSTRACT**

### **DESIGN INSECT TRAPS OF COCOA PLANT USING CONTROL SYSTEM ARDUINO UNO MICROCONTROLLER**

**By**

**WAHYU WIRATAMA**

*Cocoa is a plantation that plays an important role in the Indonesian economy. The main problem that occurs in cocoa cultivation is pest attack. Pest attack on cocoa plants effect the production of cocoa plants. Pest insects on cocoa plants affect the production of cocoa plants, because pest attack can reduce cocoa production by more than 80%. The problem faced by cocoa farmers is attack of pests. Helopeltis antonii and Conopomorpha Cramerella is the main pests of cocoa plant which causes rotten and hard fruit. This study aims to design an automatic insect trap for cocoa pests using a microcontroller as a control system for pest insect traps.*

*The research was conducted in December 2018 - May 2019 at the Laboratory of Agricultural Equipment and Machinery, Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Lampung University and Sukoharjo 1 Village, Pringsewu Regency, Lampung. The process of making pest traps starts from designing, assembling, programming, testing and implementing insect trap in cocoa plantation. The performance mechanism of the design insect trap can detects*

*insects coming in. then the insects will be pushed by the fan, so that the insects enter the insect storage tank.*

*The results of the design insect trap of cocoa pests are cylindrical. The pest trap framework is 140 cm high with catch room height of 40 cm and a catch room diameter of 20 cm. The top is cone-shaped with a height of 40 cm and a diameter of 60 cm. The bottom of the trap is cone-shaped with a height of 40 cm and a diameter of 20 cm and below it is an insect storage box with the size 40 cm x 30 cm x 20 cm. Pest traps get power from solar panel power. Pest trap component consist of E18-D50NK sensor, fan, lamp, and water pump. The result of tool testing show that the insect pest trap work stably. The result of observing the average speed of insect dropping is 6 minutes 33 seconds. The efficiency of tool performance in catching insects is 82.74%. Observations of insects caught using automatic pest traps for 44 days is 2627 insects.*

*Keywords: microcontrollers, pest control, insect traps, pest insects, cocoa plants.*

**RANCANG BANGUN PERANGKAP SERANGGA HAMA TANAMAN  
KAKAO DENGAN SISTEM KENDALI MIKROKONTROLER  
ARDUINO UNO**

**Oleh**

**WAHYU WIRATAMA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

**Judul Skripsi** : **RANCANG BANGUN PERANGKAP  
SERANGGA HAMA TANAMAN KAKAO  
MENGUNAKAN SISTEM KENDALI  
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO**

**Nama Mahasiswa** : **WAHYU WIRATAMA**

**Nomor Pokok Mahasiswa** : **1514071039**

**Jurusan/PS** : **Teknik Pertanian**

**Fakultas** : **Pertanian**



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

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

**Ir. Budianto Lanya, M.T.**  
NIP 19580523 198603 1 002

**2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian**

**Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**  
NIP 19650527 199303 1 002



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

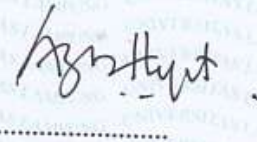
**Ketua : Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.**



**Sekretaris : Ir. Budianto Lanya, M.T.**



**Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 Juli 2019**



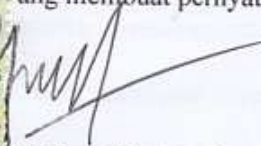
## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Wahyu Wiratama** NPM **1514071039** Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis pada karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh komisi pembimbing, 1) Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc. dan 2) Ir. Budianto Lanya, M.T. berdasarkan informasi dan pengetahuan yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil dari beberapa sumber (jurnal, internet, buku, dll) dengan kata lain bukanlah hasil plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, 31 Juli 2019  
Yang membuat pernyataan



  
(Wahyu Wiratama)  
NPM. 1514071039

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukoharjo 1 pada tanggal 30 Oktober 1997, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Budiarto dan Ibu Sutasih Wahyuningsih.

Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri 1 Sukoharjo 1 pada tahun 2003 dan diselesaikan pada tahun 2009. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Sukoharjo pada tahun 2012 dan sekolah menengah atas diselesaikan di SMK.KH.GHALIB Pringsewu pada tahun 2015.

Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Mata Kuliah Listrik dan Elektronika, Instrumentasi, Fisika Dasar, Kontrol Otomatik, Alat Mesin Pertanian, dan Mekanisasi Pertanian. Penulis pernah menjadi anggota PKM-K yang didanai oleh DIKTI pada tahun 2016.

Pada tahun 2018, penulis melaksanakan Praktik Umum di BPTBA LIPI Gunung Kidul, Yogyakarta dengan judul “Perhitungan Nilai Fo Menggunakan Metode Ball Pada Sterilisasi Rendang Daging Dengan Menggunakan Kemasan *Retort*

*Pouch*'' selama 30 hari mulai tanggal 17 Juli 2018 sampai 18 Agustus 2018. Pada tahun 2018 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik periode I tahun 2018 di Indraloka 1 Kecamatan Way Kenanga Kabupaten Tulang Bawang Barat selama 40 hari.

***Karya ini untuk***  
***Papaku Budiarto***  
***Mamaku Sutasih Wahyuningsih***  
***Adikku Bagus Sudiarto***

## SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir perkuliahan dalam penyusunan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul **“Rancang bangun perangkat serangga hama tanaman kakao menggunakan sistem kendali mikrokontroler Arduino Uno”** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian (S.T.P.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, doa, semangat, bimbingan, motivasi, dan dukungan berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., Selaku dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua. S.TP., M.Sc. selaku pembimbing pertama sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan saran sehingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Ir. Budianto Lanya, M.T. selaku pembimbing dua yang telah memberikan berbagai masukan, bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian skripsi ini.

4. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembahas sekaligus Ketua Jurusan Teknik Pertanian yang telah memberikan saran dan masukan selama penyusunan skripsi ini.
5. Mama dan Papa serta Adikku atas doa dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Keluarga Teknik Pertanian angkatan 2015 dan seluruh Civitas Akademika Jurusan Teknik Pertanian.
7. Khusnul Khotimah yang telah memberikan dukungan dan semangat, dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Fedrat Miza Taufiq, Dominicus Wahyu Aji, Tyas Andala Wijaya, Sigit Santoso, Esa Krisman Baene, Rita Angraini, Nur rahma Safitri, Kharisma Eka Chandra.

Semoga seluruh amal baik yang telah diberikan oleh semua pihak kepada penulis mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT.

Bandar Lampung, 2019  
Penulis,

**Wahyu Wiratama**



## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Tanaman Kakao .....	5
2.1.1. Produktivitas Kakao.....	5
2.1.2. Kepik Penghisap Buah ( <i>Helopeltis antonii</i> ) .....	6
2.1.3. Penggerek Buah Kakao.....	7
2.2. Pengendalian Hama Secara Biologi .....	7
2.3. Pengendalian Kultur Teknis.....	8
2.4. Pengendalian kimiawi .....	9
2.5. Perangkap Hama .....	10
2.5.1. Perangkap Lampu .....	10
2.5.2. Perangkap Kuning .....	11
2.5.3. Perangkap Attractan Metil Eugenol.....	11
2.6. Panel Surya .....	12
2.7. Sistem Kendali .....	12
2.8. Mikrokontroler .....	14

2.9. Sensor dan Aktuator .....	15
2.9.1. Sensor Inframerah.....	16
2.9.2. Relay .....	17
2.9.3. LED.....	17
2.9.4. Kipas Angin .....	18
2.10. Rujukan Penelitian .....	18
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.2. Alat dan Bahan.....	21
3.3. Metode Penelitian.....	21
3.4. Perancangan .....	23
3.4.1 Kriteria Desain.....	28
3.4.2. Rancangan Struktural.....	28
3.4.3. Rancangan Fungsional.....	31
3.5. Pengujian Kinerja Sistem Kendali .....	35
3.5.1. Respon sistem .....	35
3.5.2. Stabilitas .....	36
3.5.3. Efisiensi Penangkapan Serangga .....	37
3.5.4. Rerata Waktu Penjatuhan Serangga.....	37
3.6. Analisis Data .....	38
3.6.1. Koefisien Determinasi .....	38
3.6.2. Koefisien Korelasi .....	39
3.6.3. Relatif Root Mean Square Error .....	40
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1. Hasil Rancang Bangun Perangkat Hama .....	41
4.1.1. Sistem Catu Daya .....	42
4.1.2. Perangkat Hama.....	42
4.1.3. Mainboard.....	44
4.2. Hasil Perancangan Sistem Kendali .....	44
4.2.1. Mikrokontroler.....	45
4.2.2. Sensor Inframerah E18 D50NK.....	46
4.2.3. Real Time Clock .....	47
4.2.4. Liquid Crystal Display.....	47
4.2.5. SD Card Reader Writer Adapter.....	48
4.3. Penentuan Aktuator Penangkap Serangga .....	48

4.3.1. Penangkapan Serangga Menggunakan Lampu dan Kipas Dorong .....	48
4.3.2. Penangkapan Serangga Lampu dan Kipas Hisap .....	49
4.3.3. Penangkapan Serangga Menggunakan Lampu .....	50
4.4. Pengujian Rancangan Alat .....	51
4.4.1. Pengujian Efisiensi Pembacaan Sensor Inframerah E18 D50NK Terhadap Variasi Ukuran Benda .....	51
4.4.2. Pengujian Kecepatan Respon Aktuator Terhadap Benda yang Melewati Sensor E10 D50NK .....	52
4.4.3. Pengamatan Nilai Pembacaan Serangga.....	54
4.4.4. Rerata Waktu Penjatuhan Serangga.....	58
4.4.5. Stabilitas .....	62
4.5. Analisis Penangkapan Serangga .....	63
4.5.1. Efisiensi Alat Terhadap Jumlah Penangkapan Serangga.....	63
4.5.2. Penangkapan Serangga Pada Perangkap Otomatis dengan Pemikat LED Kuning .....	66
4.5.3. Penangkapan Serangga Pada Perangkap Otomatis dengan Pemikat Atraktan.....	67
4.5.4. Penangkapan Serangga Pada Perangkap Otomatis dengan Pemikat Lampu .....	69
4.5.5. Perbandingan Penangkapan Serangga Pada Perangkap Otomatis, Perangkap Atraktan manual dan Perangkap Kuning manual.....	70
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>76</b>
5.1. Kesimpulan .....	76
5.2. Saran.....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>81</b>
Gambar 32-39.....	82
Penulisan program pada Arduino.....	87

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rujukan Penelitian.....	19
2. Interpretasi koefisien korelasi .....	40
3. Data penangkapan serangga menggunakan lampu dan kipas dorong .....	49
4. Data penangkapan serangga menggunakan lampu dan kipas hisap .....	49
5. Data penangkapan serangga menggunakan lampu .....	50
6. Hasil pengamatan efisiensi pembacaan sensor inframerah E18-D50NK .....	52
7. Hasil pengukuran respon aktuator terhadap pembacaan sensor E18-D50NK dengan ukuran benda 1 cm .....	53
8. Hasil pengukuran respon aktuator terhadap pembacaan sensor E18-D50NK dengan ukuran benda 0,5cm .....	53
9. Hasil pengukuran respon aktuator terhadap pembacaan sensor E18-D50NK dengan ukuran benda 0,1 cm .....	53
10. Data pengamatan serangga .....	55
11. Data waktu kecepatan penjatuhan serangga .....	60
12. Waktu serangga datang.....	61
13. Data penangkapan serangga pada perangkat hama kakao otomatis .....	65
14. Data penangkapan serangga perangkat otomatis dengan pemikat LED kuning, perangkat atraktan konvensional dan perangkat kuning .....	67
15. Data penangkapan serangga perangkat otomatis dengan pemikat atraktan, perangkat atraktan konvensional dan perangkat kuning .....	68
16. Data penangkapan serangga perangkat otomatis dengan pemikat lampu, perangkat atraktan manual dan perangkat kuning .....	69

17. Data penangkapan serangga perangkap serangga hama otomatis, perangkap atraktan dan perangkap kuning .....	73
--	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	<u>Teks</u>	Halaman
1. Perangkat hama .....		9
2. Diagram loop tertutup .....		13
3. Arduino .....		15
4. Sensor inframerah .....		16
5. Relay .....		17
6. Diagram alir pembuatan system kendali otomatis perangkat hama .....		22
7. Tampilan layar <i>Software</i> Arduino IDE .....		24
8. Rangkaian sistem kendali .....		25
9. Diagram proses perancangan alat .....		26
10. Diagram alir pemrograman .....		27
11. Diagram loop sistem kendali penangkapan hama.....		29
12. Desain alat perangkat hama kakao .....		31
13. Arduino uno .....		33
14. <i>Real time clock</i> .....		33
15. <i>Liquid crystal display</i> .....		34
16. <i>Relay</i> 4 chanel dan 2 chanel .....		34
17. Grafik respon sistem kendali .....		35
18. Grafik kondisi kinerja alat stabil .....		36
19. Grafik kondisi kinerja alat tidak stabil .....		36



20. Perangkat hama otomatis .....	41
21. Ukuran perangkat hama .....	43
22. Rangkaian sistem kendali .....	45
23. Persamaan korelasi pembacaan sensor serangga masuk dan sensor serangga datang .....	56
24. Persamaan korelasi pembacaan sensor serangga masuk dan Perhitungan manual serangga yang mati .....	57
25. Penyimpanan data serangga di dalam <i>micro SD</i> .....	58
26. Stabilitas alat .....	62
27. Pembacaan serangga pada LCD .....	64
28. Serangga yang tertangkap alat .....	64
29. Pelatakan perangkat hama otomatis di kebun kakao .....	71
30. Peletakan perangkat atraktan di kebun kakao .....	71
31. Peletakan perangkat kuning di kebun kakao .....	72
32. Persentase Penangkapan Hama.....	75
<i>Lampiran</i>	
33. Skematik rangkaian sistem kendali .....	82
34. Skematik board rangkaian sistem kendali .....	83
35. Pengujian penangkapan hama dengan lampu dan kipas dorong .....	84
36. Hasil penangkapan serangga dengan lampu dan kipas dorong .....	84
37. Pengujian penangkapan serangga dengan lampu dan kipas hisap .....	85
38. Hasil penangkapan serangga dengan lampu dan kipas hisap .....	85
39. Pengujian penangkapan serangga dengan lampu .....	86
40. Hasil penangkapan serangga dengan lampu .....	86

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Tanaman kakao merupakan tanaman perkebunan yang mempunyai peranan penting dalam perekonomian Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik produksi kakao pada tahun 2013 mencapai 720.900 ton. Tahun 2016 Produksi kakao menurun menjadi 658.400 ton (Habibullah, 2018). Penurunan produksi kakao disebabkan oleh pengurangan luas lahan, cara perawatan, dan serangan hama. Serangan hama pada tanaman kakao sangat berpengaruh pada penurunan produksi kakao (Billah et al., 2014).

Hama yang menyerang tanaman kakao yaitu serangga penggerek buah kakao (PBK) dan kepik penghisap buah. Serangga penggerek buah kakao (PBK) dan kepik penghisap buah merupakan hama utama tanaman kakao. Serangan hama tersebut menyebabkan produksi tanaman kakao menurun. Hama PBK dan kepik penghisap buah dapat menurunkan produksi kakao lebih dari 80 % (Basri, 2010). Harga kakao saat ini mencapai Rp27.000 per kg. Produksi kakao yang dapat mencapai 800 kg/ha/tahun, akibat serangan hama produksi kakao hanya mencapai 160 kg/ha/tahun sehingga menyebabkan kerugian petani kakao hingga mencapai Rp17.280.000 (Nabila, 2018).

Pengendalian hama tanaman kakao umumnya menggunakan insektisida. Semakin banyak insektisida yang digunakan di lahan pertanian tidak membuat kerusakan tanaman akibat serangan hama berhenti. Banyaknya jenis insektisida yang beredar di lapangan menyebabkan banyak pengaruh buruk seperti resistensi hama terhadap insektisida, resurgensi hama, dan pencemaran lingkungan. Hama yang telah resisten terhadap insektisida menyebabkan kerusakan tanaman kakao semakin parah (Arif, 2015).

Teknologi yang digunakan petani dalam pengendalian hama serangga kepik penghisap buah kakao dan helopeltis sp yaitu mengembangkan metode sambung samping dengan tanaman yang tahan hama, pengendalian hama dengan menggunakan semut sebagai musuh alami, pengendalian hama menggunakan perangkap kuning, dan metode pembungkusan buah kakao. Teknologi yang ada saat ini belum dapat mengatasi serangan hama tanaman kakao secara maksimal (Basri, 2010).

Untuk meningkatkan produksi kakao, diperlukan suatu inovasi alat yang mampu mengendalikan hama pada tanaman kakao secara efektif dan efisien. Oleh karena itu pada penelitian ini dirancang sebuah alat perangkap serangga hama kakao dengan sistem kendali otomatis untuk mengendalikan serangga hama yang menyerang tanaman kakao.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Serangan hama pada tanaman kakao menjadi masalah utama yang dihadapi petani kakao. Penanggulangan serangan hama pada tanaman kakao hingga saat ini

belum bisa dilakukan secara optimal. Hama yang menyerang tanaman kakao dapat menurunkan produksi tanaman kakao mencapai 80%. Untuk itu pemanfaatan perkembangan teknologi di bidang pertanian perlu dilakukan sebagai contoh dengan memanfaatkan sistem kendali. Menggunakan mikrokontroler sebagai prosesor sistem kendali untuk perangkat hama yang dapat bekerja secara otomatis. Ketika pengendalian tersebut mampu dilakukan maka tercipta kondisi yang sesuai dan baik untuk meningkatkan produksi kakao. Lalu bagaimana perancangan alat perangkat hama dengan sistem kendali untuk tanaman kakao bisa dilakukan? Hasil perancangan inilah yang dilakukan dalam penelitian ini.

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu

1. Sistem kendali otomatis perangkat hama yang dibuat khusus untuk serangga dengan pemikat cahaya lampu, atraktan dan warna kuning.
2. Pengujian alat dilakukan selama 30 hari di kebun kakao desa Sukoharjo 1 Kabupaten Pringsewu, Lampung.
3. Serangga yang tertangkap pada perangkat hama dihitung sebagai serangga hama tanaman kakao.
4. Alat ini memakai daya dari listrik panel surya namun konsumsi daya tidak diperhitungkan.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merancang perangkat hama untuk tanaman kakao berbasis mikrokontroler Arduino Uno.
2. Melakukan kalibrasi dan validasi sensor inframerah E18-D50NK untuk mendeteksi serangga hama pada perangkat hama.
3. Melakukan pengujian alat untuk mendapatkan nilai kinerja aktuator yang meliputi keakurasian dan respon sistem pada perangkat hama.
4. Menganalisis pengaruh perangkat hama kakao otomatis terhadap jumlah hama yang tertangkap.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat mempermudah dalam penanganan hama kakao sehingga produktivitas kakao dapat meningkat dan dapat digunakan sebagai referensi ilmiah dan teknis bagi Jurusan Teknik Pertanian dan masyarakat.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Tanaman Kakao**

Kakao merupakan salah satu komoditi hasil perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia. Kakao merupakan salah satu komoditas ekspor Indonesia yang cukup penting sebagai penghasil devisa negara selain minyak dan gas (Habibullah, 2018). Indonesia merupakan negara produsen dan eksportir kakao terbesar ketiga di dunia setelah Ghana dan Pantai Gading. Tanaman kakao menghasilkan produk olahan yang disebut Coklat. Kakao bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia, karena mengandung lemak serta protein dan nilai gizi lainnya. Coklat merupakan bahan makanan dan minuman yang banyak disukai dari berbagai usia terutama anak-anak dan remaja (Azim et al., 2016).

#### **2.1.1. Produktivitas Kakao**

Produktivitas tanaman kakao sangat beragam di setiap daerah dan wilayah provinsi. Setiap wilayah umumnya memiliki tingkat produktivitas kakao di bawah 1 ton biji kering/ha/tahun terkecuali Provinsi Sumatera Utara yang mencapai 1,165 ton biji kering/ha/tahun. Produktivitas ini masih di bawah potensi produksi kakao yang dapat mencapai 2 ton biji kering/ha/tahun. Rendahnya produktivitas kakao ini sangat dipengaruhi oleh serangan hama penggerek buah



kakao (PBK) serta penyakit busuk buah kakao. Rendahnya produktivitas kakao terutama kakao rakyat disebabkan karena pada umumnya petani kakao belum banyak menanam benih unggul yang dianjurkan, kebanyakan kakao yang ditanam berasal dari benih asalan sehingga produksinya rendah dan rentan terserang hama dan penyakit. Rendahnya produktivitas kakao di beberapa sentra produksi kakao juga banyak disebabkan oleh kondisi perawatan dan pemeliharaan kebun. Banyak tanaman petani yang kondisinya tidak terawat dan tidak produktif karena sudah berumur tua, di atas 25 tahun. Sementara pemeliharaan tanaman kakao yang kurang maksimal. Pemupukan seringkali tidak sesuai dengan anjuran karena sulitnya memperoleh pupuk yang distribusinya terbatas sehingga harganya relatif mahal, sementara petani umumnya kurang bermodal. Pemangkasan dan kebersihan kebun juga jarang diperhatikan sehingga tanaman tidak produktif bahkan mendorong meningkatnya serangan OPT. Budidaya kakao menghadapi banyak kendala di lapangan, antara lain penyakit dan hama tanaman yang dapat menurunkan kuantitas dan kualitas produksi kakao (Rubiyo & Siswanto, 2012).

### **2.1.2. Kepik Penghisap Buah (*Helopeltis antonii*)**

*Helopeltis antonii* termasuk dalam ordo Hemiptera dan family Miridae. Serangga ini bertubuh kecil ramping dengan tanda yang spesifik yaitu adanya tonjolan yang berbentuk jarum pada mesoskutelum. Siklus hidup serangga ini termasuk metamorfosis tidak sempurna atau hemimetabola. Untuk menjadi imago dari stadium telur dibutuhkan 17 - 21 hari dan lama hidup imago betina berkisar antara 10 - 42 hari dan imago jantan 8 - 52 hari. *Helopeltis antonii* digolongkan sebagai hama karena menyerang tanaman kakao dengan cara merusak dan menghisap

cairan buah muda menyebabkan matinya buah tersebut. Sedangkan serangan pada buah berumur sedang mengakibatkan terbentuknya buah abnormal.

*Helopeltis antonii* merupakan hama penting pada tanaman kakao di Jawa dan Sumatera . Bagian tanaman yang diserang adalah daun muda, tangkai daun, pucuk, dan buah. Pucuk yang terserang terutama yang masih lunak dan daun belum membuka. Buah yang disenangi adalah yang masih muda dan yang mendekati matang. Buah yang terserang menunjukkan bekas tusukan berupa bercak- bercak hitam pada permukaan buah. Pada serangan berat, seluruh permukaan buah dipenuhi oleh bekas tusukan berwarna hitam dan kering, kulitnya mengeras serta retak- retak (Priyatno, 2015).

### **2.1.3. Penggerek Buah Kakao**

Hama penggerek buah kakao (PBK) atau disebut hama kakao mot (*cacao moth*), dengan nama ilmiah *Conopomorpha cramerella* (Seellen) merupakan hama yang paling berbahaya dan membuat kerugian pada budidaya kakao. Serangga *Conopomorpha cramerella* merupakan spesies asli Asia Tenggara. Ada dugaan bahwa *Conopomorpha cramerella* yang menyerang buah kakao berasal dari spesies yang sama dengan yang menyerang buah rambutan. Dari sulawesi utara hama PBK menyebar ke arah utara, timur dan barat sejalan dengan perkembangan tanaman kakao di Asia Tenggara (Wiryadiputra, 1996).

## **2.2. Pengendalian Hama Secara Biologi**

Pengendalian serangga hama secara biologi yaitu dengan memanfaatkan musuh-musuh alaminya. Musuh-musuh alami serangga hama seperti predator, parasit

dan patogen. Pengendalian hama biologis adalah dengan sengaja memanfaatkan atau memanipulasi musuh alami serangga hama untuk kepentingan pengendalian. Pengendalian secara biologis akan dilakukan terlebih dahulu perbanyak musuh alami yang dilakukan di laboratorium. Pengendalian alami merupakan proses yang berjalan sendiri tanpa campur tangan manusia (Ratih et al., 2014).

Pengendalian secara biologi untuk serangga hama kakao dapat dilakukan dengan inokulasi kutu putih untuk mengundang semut hitam yang merupakan musuh alami dari hama penghisap buah. Semut hitam yang beraktivitas disekitar buah-buah kakao akan membuat imago tidak sempat meletakkan telur dipermukaan buah kakao. Semut hitam juga memakan telur-telur penghisap buah kakao yang terdapat dipermukaan buah. Selain dengan inokulasi kutu putih, semut hitam juga dapat diundang dengan cara membuat rumah menggunakan seresah yang diikatkan pada percabangan atau jorket (Hazliansyah, 2017).

### **2.3. Pengendalian Kultur Teknis**

Kultur teknis adalah upaya pengendalian hama dengan menggunakan beberapa komponen perawatan. Komponen yang dapat diterapkan pada pengendalian kultur teknis meliputi penyiangan, pemupukan, pemangkasan dan sanitasi bagian tanaman yang produksi (Samosir dan Tarigan, 2013).

Pengendalian secara kultur teknis pada tanaman kakao dilakukan dengan memangkas cabang-cabang yang tidak produktif yang saling bertumpang tindih. Pemangkasan bertujuan untuk mengurangi tingkat kelembaban kebun sehingga serangga penghisap buah tidak betah berlama-lama tinggal di kebun kakao kita.

Selain dengan pemangkasan, pengendalian hama penghisap buah kakao secara teknis juga dapat dilakukan dengan penggunaan pohon penaung yang dapat menjadi rumah bagi semut hitam yang tak lain adalah musuh alami dari hama penghisap buah (Hazliansyah, 2017). Pengendalian hama juga dapat menggunakan perangkap berwarna kuning dikarenakan serangga peka terhadap warna kuning. Kebutuhan perangkap kuning untuk luas lahan 1 ha sebanyak 9-12 perangkap. Perangkap kuning untuk hama seperti Gambar 1 (Nursary, 2017).



Gambar 1. Perangkap hama  
(Sumber : Nursary, 2017)

#### **2.4. Pengendalian kimiawi**

Pengendalian secara kimiawi merupakan pengendalian hama menggunakan bahan kimia seperti pestisida. Pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik serta virus yang digunakan untuk memberantas atau mencegah hama dan penyakit pada tanaman. Pestisida yang banyak digunakan biasanya merupakan bahan kimia toksin yang ditambahkan secara sengaja ke lingkungan. Penambahan bahan kimia ke lingkungan bertujuan untuk membunuh beberapa

bentuk kehidupan. Penggunaan petisida idealnya hanya bekerja secara spesifik pada organisme sasaran yang dikehendaki (Adriyani, 2006).

## **2.5. Perangkap Hama**

Perangkap hama merupakan alat yang digunakan untuk memikat hama.

Penggunaan perangkap hama adalah salah satu contoh dari teknik pengendalian hama secara fisik dan mekanik. Penggunaan perangkap hama buatan merupakan cara pengendalian hama yang praktis, murah, dan tidak mencemari lingkungan.

Metode ini memanfaatkan sifat-sifat ketertarik serangga terhadap cahaya, warna, aroma makanan, atau bau tertentu misalnya feromon (Pasetriyani, 2010). Pada perkembangannya, alat perangkap hama digunakan untuk monitoring keberadaan dan populasi hama disekitar lokasi yang dipasang. Hal ini penting karena memungkinkan pengambilan tindakan preventif secara lebih dini agar resiko kerusakan yang lebih besar dapat dihindari. Hama yang tertangkap dalam alat perangkap dapat dijadikan indikator datangnya hama di lokasi pertanaman, sehingga dengan alat perangkap dapat dijadikan alat monitoring, mereduksi hama, dan menentukan ambang ekonomi pengendalian hama (Cahyono, 2015).

### **2.5.1. Perangkap Lampu**

Perangkap lampu merupakan perangkap serangga yang memanfaatkan cahaya lampu sebagai pemikat. Perangkap lampu merupakan salah satu perangkap yang sangat efisien untuk menangkap serangga terbang. Perangkap lampu telah banyak diterapkan untuk menangkap ngengat di sawah. Umumnya perangkap lampu diletakan di tengah persawahan dengan ketinggian 1 meter hingga 2 meter diatas

permukaan tanah. Perangkap lampu menggunakan tenaga utama dari listrik panel surya yang dapat menyala selama 9 jam pada malam hari (Pertiwi et al., 2013).

### **2.5.2. Perangkap Kuning**

Perangkap kuning merupakan perangkap serangga yang memanfaatkan ketertarikan serangga terhadap warna kuning. Warna kuning merupakan warna yang disukai hama yang aktif pada siang hari. Ketertarikan serangga terhadap warna disebabkan pemantulan cahaya ke segala arah yang di respon positif oleh serangga pemakan tumbuhan. Ketertarikan serangga terhadap warna kuning lebih tinggi dikarenakan warna kuning memberikan stimulus terkait dengan perubahan warna tanaman saat berbunga dan pemasakan buah (Hakim et al., 2017).

### **2.5.3. Perangkap Attractan Metil Eugenol**

Perangkap ini merupakan perangkap yang digunakan untuk menekan hama lalat buah. Hama lalat buah merupakan hama utama pada tanaman hortikultura. Lalat buah dapat menyebabkan kerusakan 150 spesies tanaman buah dan sayuran di daerah tropis dan subtropis. Hama lalat buah menggunakan isyarat visual dan isyarat kimia untuk menemukan inangnya. Isyarat bau yang ditimbulkan oleh buah ataupun atraktan sintetik menyebabkan lalat buah tertarik mendekati bahan tersebut. Atraktan bahan kimia sintetik telah ditemukan untuk menangkap lalat buah *Ceratitis* sp. dan *Bactrocera* sp. Atraktan berupa metil eugenol merupakan salah satu atraktan sintetik yang digunakan untuk menarik lalat buah. Umumnya pembuatan perangkap atraktan untuk lalat buah dengan cara meneteskan atraktan

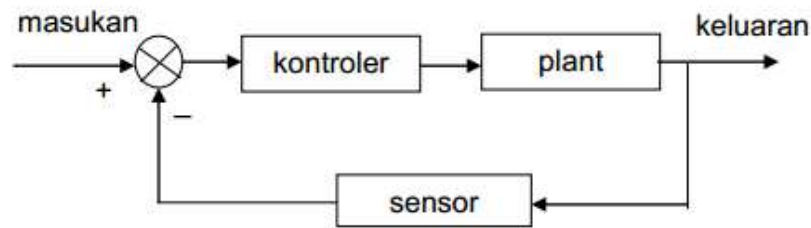
metil eugenol pada kapas, kemudian diletakan di bagian dalam botol perangkap (Hasyim et al., 2010).

## **2.6. Panel Surya**

Panel surya adalah alat koversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pemanfaatan energi surya ada dua macam teknologi yaitu energi surya fotovoltaik dan energi surya termal. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai “cahaya-listrik”. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan (Julisman et al., 2017).

## **2.7. Sistem Kendali**

Sistem kendali merupakan suatu sistem dimana masukan tertentu dapat digunakan sebagai pengendali untuk keluaran dengan nilai tertentu. Elemen-elemen yang terdapat pada sistem kendali terdiri dari input, pembanding, pengendali, aktuator, dan output serta umpan balik. Sistem kendali loop tertutup merupakan sistem pengaturan yang mengutamakan ketepatan hasil keluaran yang diinginkan (Kurniawan et al., 2013). Untuk proses sistem kendali loop tertutup dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram loop tertutup  
(Sumber : Prasetyo, 2017)

Penerapan, sistem kendali terbagi 2 jenis yaitu sistem terbuka (loop terbuka) dan sistem tertutup (loop tertutup). Pada sistem terbuka, *output* yang dihasilkan tidak mempengaruhi nilai *input* yang dimasukkan ke *controller*, seperti contoh pada saklar listrik. *Input* yang dimasukkan berupa *switch* ON/OFF, ketika saklar berada pada posisi ON maka lampu menyala dan ketika saklar berada pada posisi OFF maka lampu tidak menyala. Cahaya lampu yang dihasilkan tidak mempengaruhi posisi ON/OFF pada saklar. Hal tersebut disebabkan karena cahaya lampu tidak mengirim sinyal umpan balik (*feedback*) pada *switch* ON/OFF.

Pada sistem loop tertutup, *output* yang dihasilkan mempengaruhi nilai *input* yang dimasukkan ke *controller* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Contoh sistem tertutup terdapat pada pendingin udara (AC). *Input* yang dimasukkan berupa derajat suhu yang diinginkan. *Output* dari sistem ini berupa udara dingin yang dapat mempengaruhi suhu ruangan agar sesuai dengan suhu yang diinginkan. *Output* tersebut berupa nilai aktual pada suhu ruangan setelah diberikan udara dingin. Nilai aktual yang terbaca memberikan sinyal umpan balik ke nilai *input* awal. Apabila terjadi perbedaan antara nilai aktual dengan nilai *input* awal, maka didapatkan kesalahan (*error*). Kesalahan tersebut membuat



*controller* bekerja untuk memperbaiki agar kesalahan yang didapatkan menjadi sekecil mungkin hingga mendekati nol (Prasetyo, 2017).

## **2.8. Mikrokontroler**

Mikrokontroler merupakan suatu *chip* berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat diprogram menggunakan komputer. Program yang direkam bertujuan supaya rangkaian elektronik dapat membaca masukan (*input*), kemudian mengolahnnya untuk menghasilkan keluaran (*output*) sesuai dengan program yang dimasukkan ke dalamnya. *Output* yang dihasilkan berupa sinyal, besaran tegangan, lampu, suara, getaran, gerakan, dan sebagainya (Saftari, 2015).

Mikrokontroler dapat melakukan hal-hal yang bersifat berulang karena memiliki beberapa komponen seperti CPU (*Central Processing Unit*), memori, *Input/Output* tertentu, dan unit pendukung seperti ADC (*Analog-to-Digital Converter*) yang terintegrasi. Banyak jenis mikrokontroler yang dibuat di dunia. Beberapa perusahaan terkenal yang membuat mikrokontroler antara lain Atmel, Cypress Semiconductor, Microchip technology, dan Silicon Laboratories. Produk yang dibuat oleh masing-masing vendor yaitu, Atmel: AVR (8 *bit*), AVR32 (32 *bit*), AT91SAM (32 *bit*); Cypress Semiconductor: M8C Core; Microchip technology: PIC; Silicon Laboratories: 8051. Produk mikrokontroler keluaran Atmel merupakan produk yang sering digunakan saat ini (Kadir, 2015).

Arduino merupakan sebuah mikrokontroler platform physical computing yang bersifat open source. Arduino memiliki bahasa pemrograman sendiri yang mirip dengan bahasa C. Program yang ditulis dalam bahasa C pada suatu komputer

dapat dijalankan pada komputer lainnya. Arduino yang sering digunakan adalah arduino uno dan ATmega seperti Gambar 3 (Djuandi, 2011).



Gambar 3: Arduino  
(Sumber : Prasetyo, 2017)

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560 (Djuandi, 2011).

## 2.9. Sensor dan Aktuator

Sensor merupakan komponen yang digunakan untuk melakukan pengamatan terhadap suatu rangsangan dan mengubahnya ke dalam bentuk isyarat sehingga didapat data pengukuran. Rangsangan tersebut dapat berupa akustik, elektrik, magnetik, optik, termal, maupun mekanik. Terdapat dua jenis sensor berdasarkan jenis isyarat keluarannya yaitu sensor analog dan sensor digital. Sensor analog menghasilkan isyarat berupa sinyal analog sedangkan sensor digital menghasilkan isyarat berupa sinyal digital (Kadir, 2015). Sensor dan aktuator dalam Arduino saling berkaitan, karena sensor merupakan komponen yang digunakan untuk

memberi masukan data ke Arduino. Aktuator merupakan komponen yang merupakan hasil keluaran dari Arduino (Saftari, 2015).

### 2.9.1. Sensor Inframerah

Sensor merupakan suatu alat pendeteksi atau pengindera yang mengatur secara langsung adanya penyimpangan dari acuan yang telah ditetapkan. Sensor inframerah merupakan alat optik seperti mata yang dapat “melihat” dengan mendeteksi perubahan energi inframerah (Telaumbanua et al., 2018). Sensor inframerah tipe E18-D50NK seperti Gambar 4 merupakan salah satu jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi objek bergerak dengan jangkauan tertentu. Sensor inframerah bekerja dengan sistem logika “1” atau “HIGH” saat mendeteksi keberadaan objek dan sensor akan berlogika “0” atau “LOW” saat sensor tidak mendeteksi keberadaan objek (Anonim, 2018).



Gambar 4. Sensor inframerah  
(Sumber : Anonim, 2018)

### 2.9.2. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi yang hampir sama dengan saklar/*switch*, komponen ini bekerja sebagai saklar mekanik yang digerakkan oleh energi listrik dengan bentuk seperti Gambar 5. Relay menggunakan gaya elektromagnetik untuk membuka atau menutup kontak. Relay digunakan untuk menggerakkan arus atau tegangan yang besar dengan memakai arus atau tegangan yang kecil. Relay dapat berfungsi sebagai pengatur logika kontrol untuk suatu sistem (Kurniawan et al., 2013).



Gambar 5. Relay  
(Sumber : Prasetyo 2017)

### 2.9.3. LED

LED merupakan suatu diode semikonduktor istimewa. Seperti dioda pada umumnya, LED terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop. Panjang gelombang cahaya dan warna yang dipancarkan LED tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk p-n junction. Berbeda dengan lampu pijar dan neon, LED mempunyai kecenderungan polarisasi. Chip LED mempunyai kutub positif dan negatif (p-n), LED akan menyala bila diberikan arus maju. Ini dikarenakan LED terbuat dari bahan

semikonduktor yang hanya mengizinkan arus listrik mengalir ke satu arah dan tidak ke arah sebaliknya (Saputro dan Sukmadi, 2013).

#### **2.9.4. Kipas Angin**

Kipas angin adalah salah satu alat pendingin ruangan yang sering digunakan masyarakat Indonesia, bahkan seluruh dunia, yang menggunakan motor sebagai penggerak dengan baling sebagai penghasil angin. Walaupun sudah ditemukan AC pendingin ruangan, namun kipas angin masih tetap digunakan. Selain karena harganya murah, perawatan dan perbaikannya juga mudah. Kipas angin terdiri dari beberapa komponen yaitu motor penggerak, bagian kipas, rumah kipas, rumah motor, dudukan kipas (Haripan dan Dian, 2013).

#### **2.10. Rujukan Penelitian**

Penelitian merupakan sebuah pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Penelitian yang dilakukan menghasilkan suatu inovasi dan informasi baru tentang ilmu pengetahuan dan teknologi. Rancang bangun perangkat hama kakao otomatis merupakan inovasi teknologi dalam menangani serangga hama pada tanaman kakao. Rujukan penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan rujukan yang berisi tentang informasi tentang pengaruh serangan hama terhadap penurunan produksi tanaman, dan inovasi alat perangkat hama yang telah dikembangkan saat ini. Pengembangan perangkat hama saat ini masih terfokus untuk tanaman hortikultura.

Tabel 1. Rujukan Penelitian

No	Penulis	Tahun	Judul	Keterangan
1	Hazliansyah	2017	Teknologi Pengendalian Hama Terpadu Penggerek Buah Kakao.	Membahas tentang pengendalian hama kakao menggunakan musuh alami seperti semut
2	Habibullah	2017	Statistik Kakao Indonesia 2017	Membahas tentang produksi kakao di indonesia
3	Hakim	2017	Pengendalian Alternatif Hama Serangga Sayuran dengan Menggunakan Warna sebagai Perangkap Mekanis	Mengkaji tentang pengendalian hama sayuran menggunakan pemikat kuning
4	Azim, dkk	2016	Jurnal Kerusakan Biji Kakao Oleh Hama Penggerek Buah (Conopomorpha cramerella Snellen) Pada Pertanaman Kakao di Desa Muntoi Dan Solimandungan	Mengkaji tentang kerusakan biji kakao akibat terserang hama penggerek buah kakao
5	Priyatno	2015	Hama dan Penyakit Tanaman Kakao (theobroma cacao l)	Membahas tentang hama dan penyakit pada tanaman kakao
6	Nurmahaludin	2015	Rancang Bangun Alat Perangkap Hama Tanaman Padi Menggunakan Arduino MEGA 2560	Mengkaji tentang perangkap hama pada tanaman padi dengan membedakan jenis serangga berdasarkan warna
7	Billah,dkk	2014	Outlook Komoditi Kakao	Membahas tentang data produksi tanaman kakao, masalah petani kakao dan konsumsi kakao di indonesia

No	Penulis	Tahun	Judul	Keterangan
8	Pertiwi	2013	Hubungan Populasi Ngengat Penggerek Batang Padi Yang Tertangkap Perangkap Lampu Dengan Intensitas Serangan Penggerek Batang Padi Di Sekitarnya	Mengkaji tentang penggunaan perangkap lampu untuk ngengat dan penggerek batang padi
9	Nabila	2013	Olam International Prekdisikan Musim Depan Stok Kakao Devisit	Membahas tentang harga kakao
10	Hasyim	2010	Respon Hama Lalat Buah Jantan Terhadap Beberapa Jenis Atraktan dan Warna Perangkap di Kebun Petani	Mengkaji Ketertarikan lalat buah terhadap beberapa jenis pemikat atraktan dan kuning
11	Pasetriyani	2010	Pengendalian Hama Tanaman Sayuran Dengan Cara Murah, Mudah, Efektif dan Ramah Lingkungan	Membahas tentang penerapan perangkap kuning pada tanaman sayuran
12	Andriyani	2006	Usaha Pengendalian Pencemaran Lingkungan Akibat Penggunaan Pestisida Pertanian	Mengkaji tentang masalah yang ditimbulkan oleh penggunaan pestisida pada lahan pertanian
13	Wiryadiputra	1996	Hama Penggerek Buah Kakao-Kendala Utama Industri Kakao Indonesia Dan Saran Pengelolaannya	Membahas tentang penggerek buah kakao dan pengendaliannya

Pengembangan perangkap hama untuk tanaman perkebunan belum banyak, sehingga penelitian tentang rancang bangun perangkap hama kakao otomatis merupakan suatu penelitian terbaru tentang inovasi perangkap hama untuk tanaman perkebunan.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2018 sampai dengan Mei 2019 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan desa Sukoharjo 1 Kabupaten Pringsewu, Lampung.

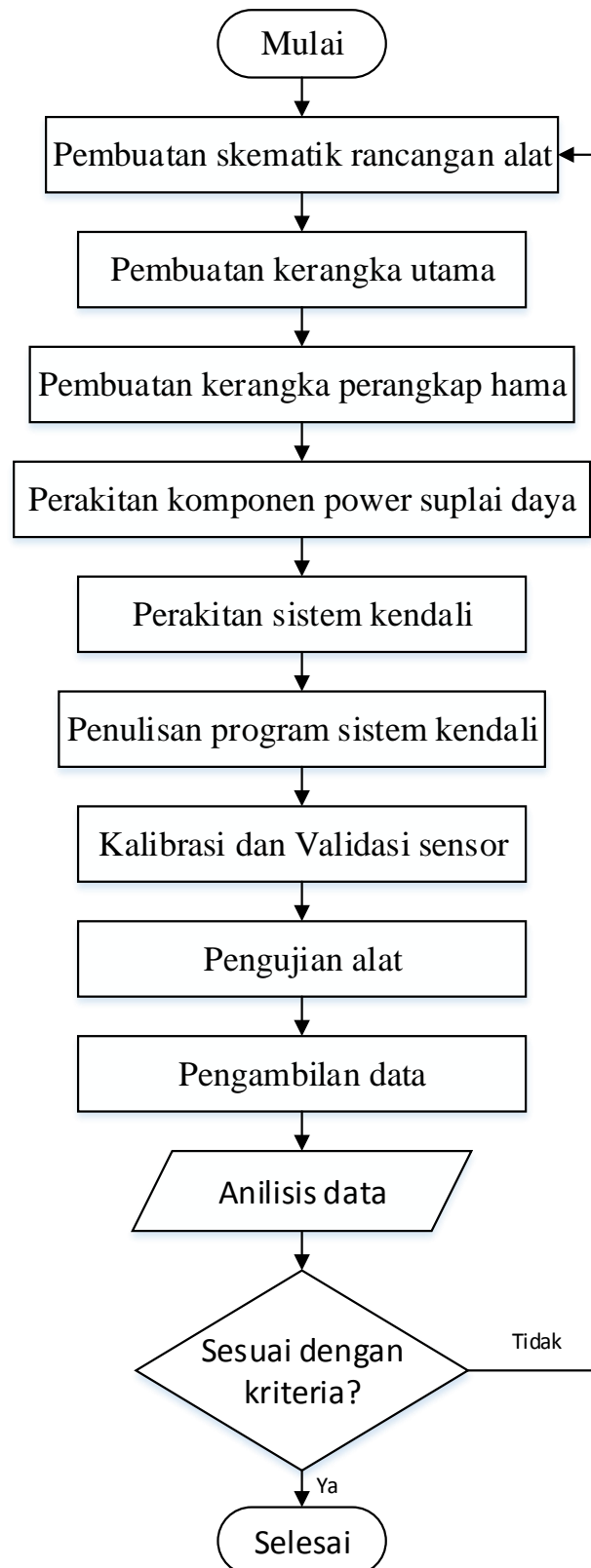
#### **3.2. Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain program *AutoCAD*, program Arduino, laptop, solder, gergaji besi, patri, pemanas lem bakar, mesin gerinda, mesin las, mesin bor, panel surya, inverter, *solar control charge*, tiang besi, besi siku, alumunium, lem, arduino, pompa air, Relay, akrilik, sensor inframerah E18-D50NK, kipas, lampu, lampu LED, atraktan, *Real time clock* (RTC), LCD, baterai dan kabel.

#### **3.3. Metode Penelitian**

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu perancangan (desain) alat, pembuatan atau perakitan alat, pengujian hasil rancangan, pengamatan dan analisis data. Tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.





Gambar 6. Diagram alir pembuatan system kendali otomatis perangkat hama kakao

### 3.4. Perancangan


Perancangan alat meliputi pembuatan skematik sistem kendali, skematik sensor dan aktuator, pemasangan *power supply*, dan pemasangan semua komponen ke mikrokontroler. Setelah terpasang dilanjutkan dengan verifikasi rangkaian dengan cara mengecek ulang seluruh komponen. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan kalibrasi dan sensitifitas sistem. Kalibrasi merupakan proses untuk menyesuaikan hasil keluaran dari suatu perangkat pengukuran dengan suatu standar yang sudah ada baik itu nasional, internasional maupun sumber-sumber yang sudah mendapatkan sertifikasi (Prasetyo, 2017).

Pada penelitian ini dilakukan uji sensitifitas sensor inframerah dengan melihat kecepatan respon dari sensor inframerah ketika benda melewati sensor dengan respon menghidupkan sebuah kipas. Serta melakukan uji kinerja pompa air pada pembuangan serta pengisian air pada bak penampung saat pagi hari.

Penulisan program menggunakan bahasa pemrograman C dengan bantuan *software* Arduino IDE v.1.6.12 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Program yang tertulis dicek kebenarannya dengan cara verifikasi pada *software* Arduino IDE, jika *software* tidak memberikan peringatan, maka program sudah benar dan dapat dijalankan, namun jika *software* memberikan peringatan yang ditandai dengan adanya *highlight* pada penulisan, maka terdapat kesalahan pada penulisan yang ditandai dengan *highlight*. Program yang telah terverifikasi selanjutnya melakukan *upload* program untuk mengirim penulisan pemrograman tersebut ke mikrokontroler. Mikrokontroler melakukan aksi sesuai dengan

penulisan program yang dibuat. Apabila terjadi kesalahan selama melakukan aksi, maka dilakukan modifikasi dalam penulisan programnya.

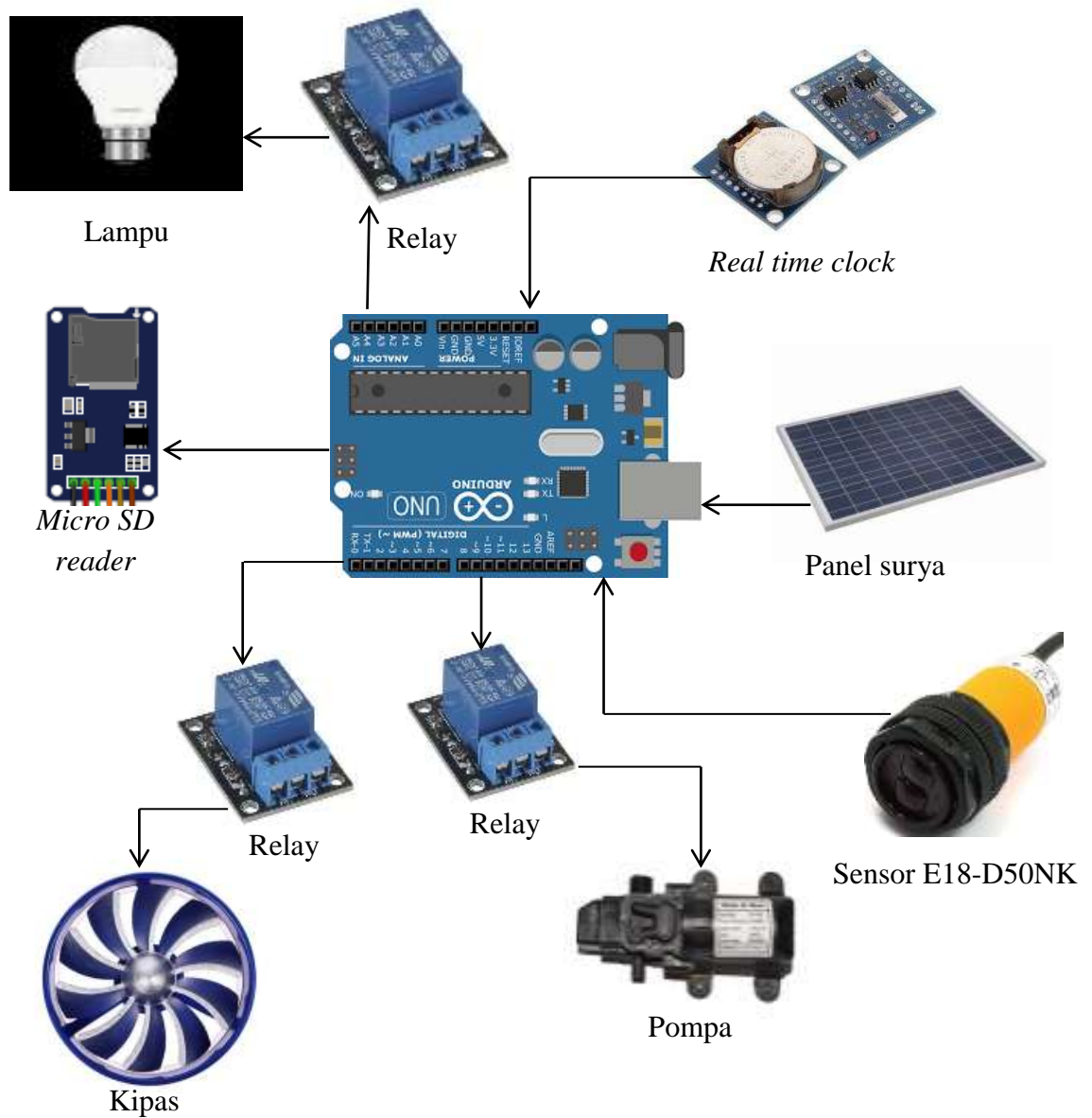


```
sketch_nov23a | Arduino 1.6.12
Berkas Sunting Sketch Alat Bantuan
sketch_nov23a
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
```

Arduino/Genuino Uno on COM6

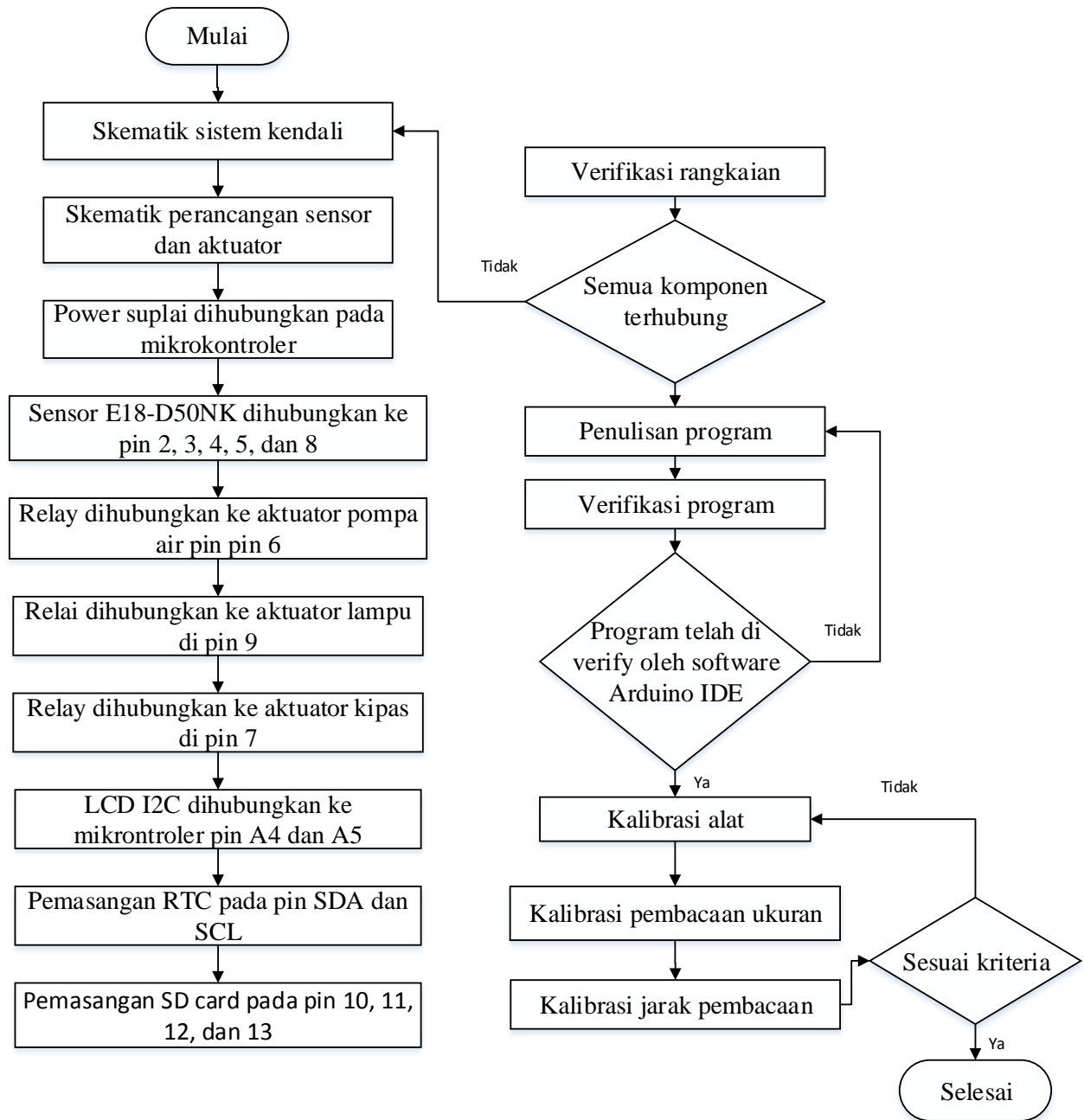
Gambar 7. Tampilan layar software Arduino IDE.

(Sumber : Prasetyo, 2017)

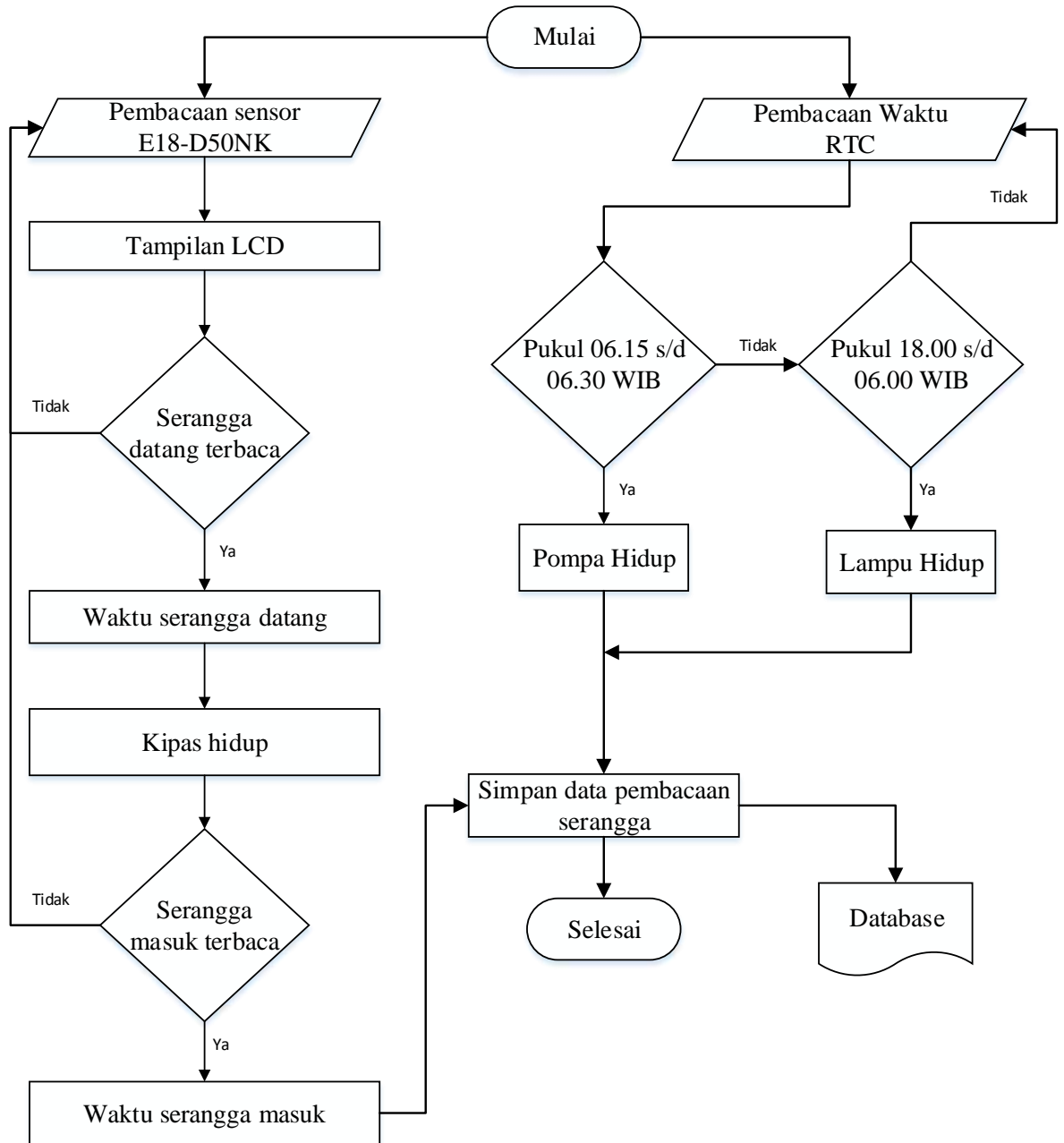


Gambar 8. Rangkaian sistem kendali

Rangkaian sistem kendali pada Gambar 8 menunjukkan bahwa yang menjadi input sistem yaitu sensor E18-D50NK dan *Real time clock*. Output dari sistem kendali tersebut adalah lampu, pompa air, dan kipas. Sebagai sumber daya dari sistem kendali menggunakan daya dari panel surya.



Gambar 9. Diagram proses perancangan alat



Gambar 10. Diagram alir pemrograman

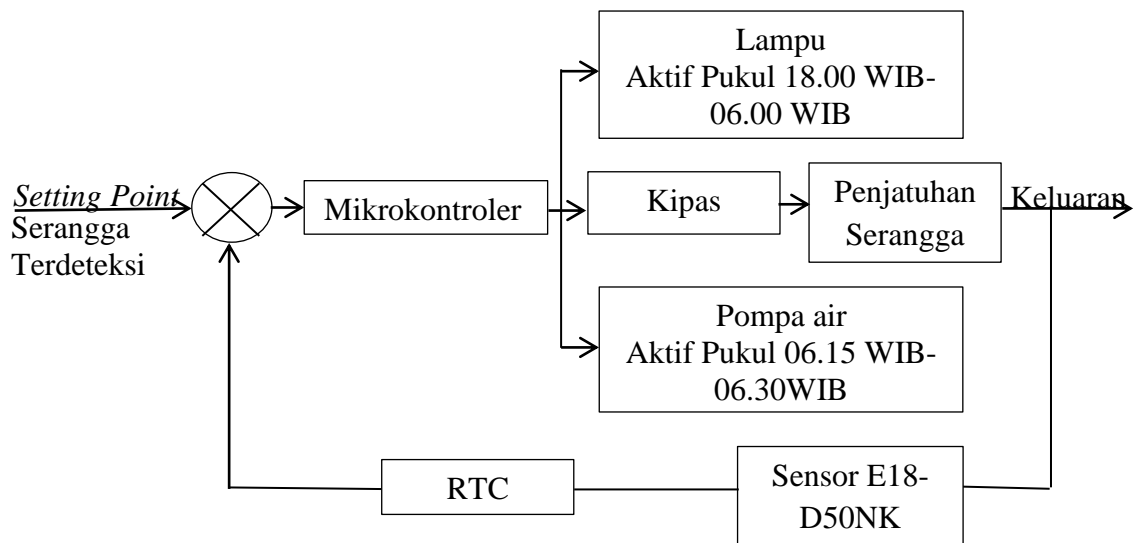
### 3.4.1 Kriteria Desain

Sistem kendali dirancang untuk bekerja secara kontinu mengendalikan perangkat hama. Sistem kendali ini mengendalikan aktuator berupa kipas, lampu, dan pompa air. Pompa air digunakan untuk melakukan pergantian air pada bak penampungan serangga pada pagi hari. Pukul 06.15 WIB–06.30 WIB mikrokontroler akan secara otomatis mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa air, sehingga air di bak penampung serangga tersirkulasi dengan air baru. Setelah melewati *setting point* tersebut mikrokontroler akan mematikan relay untuk menghentikan pompa air.

Pukul 18.00 WIB mikrokontroler mengaktifkan relay untuk menghidupkan lampu pada perangkat serangga sehingga serangga yang peka terhadap cahaya lampu akan mendekat. Pukul 06.00 WIB lampu mati dan pemikatan serangga dilakukan dengan menggunakan atraktan dan pemikat LED warna kuning. Serangga yang mendekati perangkat dan terdeteksi oleh sensor inframerah menyebabkan mikrokontroler mengaktifkan relay untuk menghidupkan kipas, sehingga serangga terdorong masuk ke dalam bak penampung serangga. Perangkat hama otomatis dapat mengendalikan serangga hama kakao dengan efisiensi sebesar 80%.

### 3.4.2. Rancangan Struktural

Proses perancangan terdiri dari beberapa tahap, yaitu desain bentuk alat, perakitan perangkat keras sistem kendali dan perakitan kerangka perangkat hama. Perakitan perangkat keras sistem kendali dibuat sebuah diagram blok yang menghubungkan komponen-komponen seperti Gambar 11.



Gambar 11. Diagram blok sistem kendali penangkapan serangga

Pada bagian perakitan perangkat keras sistem kendali sensor dihubungkan dengan mikrokontroler. Sensor diletakan pada perangkat serangga di bagian atas dan menghadap ke bawah, sehingga sensor dapat mendeteksi serangga yang masuk ke dalam perangkat hama.

Bagian perangkat serangga hama ini secara umum terbagi atas beberapa bagian yaitu panel surya, Kerangka tiang panel surya, kotak daya, kotak sistem kendali, perangkat hama, bak penampung serangga, wadah atraktan, sensor E18-D50NK dan bak penampung air. Masing-masing bagian alat perangkat serangga ini dipasang berdasarkan rancangan desain dan fungsional dari perhitungan secara teoritis.

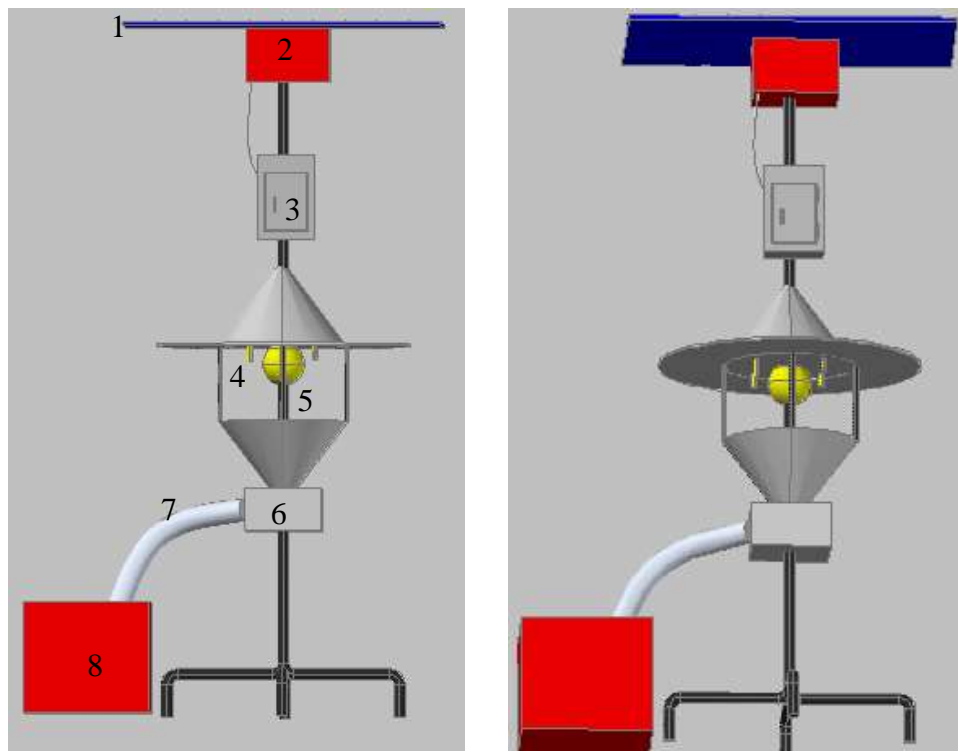
Kerangka perangkat hama dibuat dengan menggunakan alumunium berukuran tebal 2 mm dengan pematrian. Kerangka perangkat hama memiliki ukuran tinggi total 140 cm, tinggi ruang tangkapan 40 cm, dan diameter ruang tangkapan 20 cm.



Bagian atas perangkat hama berbentuk kerucut dengan ukuran diameter 60 cm dan tinggi 40 cm. Bagian bawah perangkat hama berbentuk kerucut dengan ukuran diameter 20 cm dan tinggi 40 cm. Kotak penampung serangga terbuat dari aluminium dengan tebal 2 mm dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 20 cm. Kotak sistem kendali terbuat dari kotak panel dengan ukuran 40 cm x 30 cm x 15 cm. Di dalam kotak sistem kendali terdapat komponen seperti Arduino Uno, RTC( *Real Time Clock* ), *SD card Reader and Writer* serta power suplai sebagai pensuplai daya mikrokontroler.

Mikrokontroler dihubungkan dengan sensor E18-D50NK, Real time clock (RTC), Liquid crystal ( LCD ) dan aktuator. Aktuator yang digunakan yaitu kipas, lampu LED, dan pompa. Kotak daya terbuat dari besi siku dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 25 cm. Di dalam kotak daya terdapat komponen seperti baterai, inverter, dan *solar control charge*.

Kerangka tiang panel surya terbuat dari besi bulat berukuran 4 inch dengan tinggi 4 meter. Pada tiang ini terdapat panel surya, kotak daya, kotak kendali, dan perangkat hama. Desain rancangan perangkat hama dapat dilihat pada Gambar 12.



- Keterangan:
- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| (A)                       | (B)                         |
| 1. Panel Surya            | 5. Lampu                    |
| 2. Kotak Catu Daya        | 6. Kotak penampung serangga |
| 3. Kotak Kendali Otomatis | 7. Saluran Air              |
| 4. Sensor Inframerah      | 8. Bak Air                  |

Gambar 12. Desain alat perangkap hama kakao (A) tampak depan  
(B) tampak miring

### 3.4.3. Rancangan Fungsional

Pada perancangan ini dibuat sebuah sistem kendali yang berfungsi untuk mengendalikan secara otomatis perangkap serangga dengan cara memasang timer dan sensor inframerah pada alat perangkap serangga. Mikrokontroler memberikan perintah untuk menghidupkan aktuator sebuah lampu, menghidupkan aktuator kipas serta pompa air untuk membuang dan mengisi air pada bak penampung serangga yang terdapat pada perangkap. Alat ini memiliki beberapa

komponen dengan fungsinya masing-masing yaitu, Real Time Clock (RTC), sensor inframerah, mikrokontroler MEGA, *Liquid Crystal Display* (LCD) dan *relay*. Perangkat serangga tersusun dari tiang utama panel surya, kerangka utama, kerangka penutup kipas, kerangka penopang kipas, kotak air, dan wadah atraktan.

#### **a. Sensor Inframerah**

Sensor inframerah adalah alat optik seperti mata yang dapat “melihat” dengan mendeteksi perubahan energi inframerah (Kurniawan et al., 2013). Sensor inframerah pada penelitian ini digunakan untuk mendeteksi serangga. Sensor inframerah yang digunakan adalah sensor inframerah E18-D50NK.

#### **b. Mikrokontroler**

Komponen ini dapat menerima sinyal data yang dikirimkan oleh sensor. Sinyal tersebut diolah datanya untuk memberikan *output* pada komponen yang lainnya, untuk memberikan aksi ke aktuator, menampilkan, dan menyimpan data (Prasetyo, 2017). Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah Arduino Uno. Bentuk mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Arduino uno  
(Sumber : Prasetyo, 2017)

**c. *Real time clock***

Komponen ini berfungsi untuk memberikan informasi waktu secara *real time* dari setiap data yang telah diolah oleh mikrokontroler (Prasetyo, 2017). Bentuk RTC ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. *Real time clock*  
(Sumber : Prasetyo, 2017)

**d. *Liquid Crystal Display***

Komponen ini berfungsi untuk menampilkan seluruh informasi yang dibutuhkan seperti waktu, dan kapasitas air (Prasetyo, 2017). Data yang ditampilkan dapat diperbarui setiap satu menit. Bentuk LCD ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. *Liquid crystal display*  
(Sumber : Prasetyo 2017)

**e. Relay**

Komponen ini berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan arus listrik bertegangan 220/110 volt. Proses pemutusan dan penyambungan arus listrik diatur sebelumnya oleh mikrokontroler (Prasetyo, 2017). Modul *relay* yang digunakan yaitu jenis *4-channel* dan *2-channel* seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. *Relay* 4 chanel dan 2 chanel  
(Sumber : Prasetyo 2017)

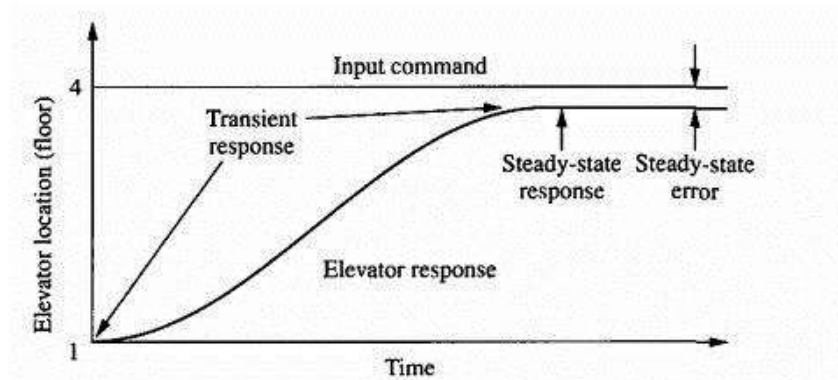
### 3.5. Pengujian Kinerja Sistem Kendali

Pengujian alat yang dilakukan berupa analisis sensitifitas sensor dan kecepatan respon dari aktuator pada sistem kendali. Analisisnya yaitu nilai respon sistem dan keakurasian sensor.

#### 3.5.1. Respon sistem

Respon sistem menunjukkan kecepatan kinerja alat terhadap adanya gangguan dan waktu. Respon sistem dibedakan menjadi dua, yaitu respon *transient* dan respon *steady state*. Respon *transient* digunakan untuk mengukur waktu saat sistem pertama kali digunakan (pada titik 0) hingga mencapai *steady state*.

Respon *steady state* digunakan untuk mengukur waktu saat sistem sudah berada pada keadaan stabil hingga waktu tidak terhingga. Grafik respon sistem seperti Gambar 17 (Prasetyo, 2017).



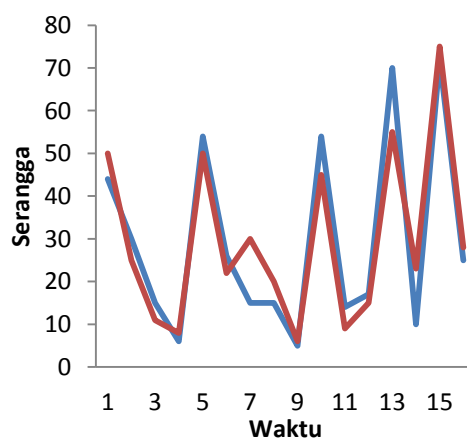
Gambar 17. Grafik respon sistem kendali  
(Sumber : Prasetyo, 2017)

Respon sistem juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis sinyal masukan terhadap karakteristik sistem berdasarkan kurva. Jenis sinyal masukan ini dapat

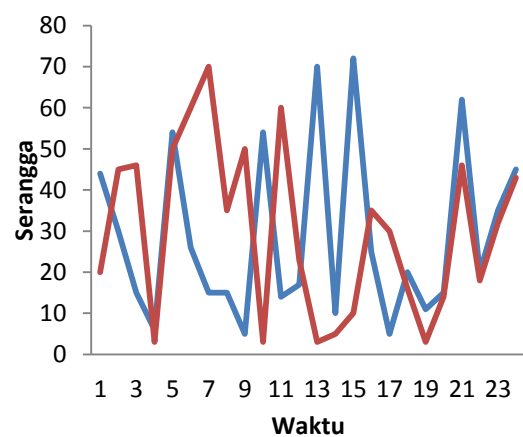
dilihat dari bentuk masukan yang sering terjadi pada sistem. Jika masukannya berupa fungsi waktu yang tidak ditentukan, maka termasuk dalam fungsi *ramp*. Jika sistem diberikan gangguan secara bertahap, maka termasuk dalam fungsi tangga (*step*), dan jika sistem diberikan gangguan kejut, maka termasuk dalam fungsi impulse (Prasetyo, 2017).

### 3.5.2. Stabilitas

Stabilitas menunjukkan daya tahan alat sehingga mampu menghasilkan kinerja yang tetap atau tidak. Stabilitas merupakan hal yang sangat penting dilakukan untuk mengetahui kemampuan mengha kinerja alat yang tetap pada jangka waktu yang lama. Ketidakstabilan pada sistem kendali berpengaruh terhadap penangkapan serangga. Jika pembacaan sensor inframerah meyimpang maka penangkapan serangga yang dilakukan tidak efektif. Kondisi kinerja alat yang stabil dapat dilihat seperti Gambar 18 dan untuk kondisi alat yang tidak stabil ditunjukkan oleh Gambar 19.



Gambar 18. Grafik kondisi kinerja alat stabil



Gambar 19. Grafik kondisi kinerja alat tidak stabil

### 3.5.3. Efisiensi Penangkapan Serangga

Efisiensi penangkapan serangga merupakan pengamatan keakurasian penangkapan serangga yang dilakukan dengan menghitung serangga yang datang pada alat perangkap hama otomatis dan jumlah serangga yang mati dihitung secara manual. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui nilai persentase efektifitas penangkapan serangga dengan menggunakan alat perangkap hama otomatis (Telaumbanua et al., 2019). Data yang didapat akan diolah menggunakan *Microsoft Excel* dan di tampilkan dalam bentuk tabel. Cara perhitungannya dengan menggunakan persamaan (1)

$$Ep = \frac{So}{Si} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

Ep = Efisiensi penangkapan serangga(%)

Si = Serangga datang

So = Serangga mati

### 3.5.4. Rerata Waktu Penjatuhan Serangga

Rerata waktu penjatuhan serangga menunjukkan kecepatan kinerja alat untuk mengendalikan serangga sehingga jatuh ke dalam bak penampung serangga. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh sistem perangkap hama untuk menjatuhkan serangga ke dalam bak penampung serangga(Telaumbanua et al., 2014). Pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur waktu serangga datang serta waktu serangga jatuh ke dalam bak penampung. Pada pengamatan ini data serangga datang dan jatuh yang terdeteksi oleh sensor inframerah akan terekam pada *micro SD*. Dalam melakukan analisis



ini data waktu serangga datang dan serangga jatuh yang terekam *micro SD* di hitung waktu rata-rata kecepatan serangga jatuh. Cara perhitungannya dengan menggunakan persamaan (2) (Telaumbanua, 2015).

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

Keterangan:

RWP = Rerata waktu penjatuhan serangga (menit)

Aon i = Aktuator hidup ke-i (menit)

Delay = Waktu Tunggu (menit)

n = Jumlah data

### 3.6. Analisis Data

Pada penelitian ini data serangga akan terekam oleh mikrokontroler dan tersimpan ke dalam *micro SD*. Serangga hama kakao yang terperangkap dalam bak penampung serangga di ukur setiap pagi hari. Hasil analisis alat disajikan dalam bentuk tabel dan mengacu pada pengukuran sensitifitas alat, koefisien determinasi ( $R^2$ ), koefisien kolerasi, kecepatan penjatuhan serangga dan efektifitas penangkapan serangga.

#### 3.6.1. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada intinya digunakan untuk mengukur seberapa besar kemampuan variabel bebas dalam menerangkan variabel terikat. Nilai koefisien determinasi terbesar adalah 1 dan terkecil adalah 0. Hasil prediksi 43 model dianggap baik apabila nilai  $R^2 = 1$  atau  $R^2 \approx 1$ . Jika nilai  $R^2 = 0$  atau  $R^2 \approx 0$ , berarti garis regresi tidak dapat digunakan untuk membuat perkiraan variabel

bebas (x). Hal ini karena variabel-variabel bebas yang dimasukkan dalam persamaan regresi tidak mampu menjelaskan atau tidak berpengaruh terhadap variabel terikat (y). Nilai  $R^2$  dicari dengan membuat grafik *scatter* nilai observasi versus nilai prediksi pada *Microsoft Excel*. Pada grafik, ditambahkan *treadline* lalu dipilih tipe regresi linier dan menampilkan nilai  $R^2$  (Prasetyo, 2017).

### 3.6.2. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya) (Prasetyo, 2017). Rumus koefisien korelasi ditunjukkan pada persamaan 3. Interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel ditunjukkan pada Tabel 2 :

$$R = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y - \bar{y})^2}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

R = Koefisien korelasi

x = Nilai data x

$\bar{x}$  = Rata-rata nilai x

y = Nilai data y

$\bar{y}$  = Rata-rata nilai y

Tabel 2. Interpretasi koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00–0,199	Sangat Rendah
0,20–0,399	Rendah
0,40–0,599	Sedang
0,60–0,799	Kuat
0,80–1	Sangat Kuat

### 3.6.3. Relatif Root Mean Square Error

*Relatif Root Mean Square Error* (RRMSE) merupakan salah satu metode untuk mengetahui besarnya kesalahan pendugaan dari model yang dikembangkan. Uji RRMSE merupakan sebuah indikator untuk menghitung persentase rata-rata error dari sebuah data. RRMSE digunakan untuk mengetahui ketidak akurasian dari suatu pengukuran yang dinyatakan dalam persen (%). Nilai error dinyatakan sangat kecil jika nilai RRMSE < 10%. Nilai error dinyatakan kecil jika nilai RRMSE 10%-20%. Nilai error dinyatakan besar jika nilai RRMSE 20%-30%. Nilai error dinyatakan sangat besar jika nilai RRMSE > 30% (Stack Exchange, 2017). Rumus perhitungan RRMSE dapat dilihat pada Persamaan (4) (Walton, 2018).

$$RRMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum(Si-So)^2}{n}}}{So} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

RRMSE = *Relatife Root Mean Square Error*

n = Jumlah data

Si = Nilai serangga datang ke-i

So = Nilai serangga masuk ke-i

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Perangkap serangga hama kakao otomatis telah dirancang dengan *setting point* yang diberikan berdasarkan pembacaan serangga dan waktu RTC. Simpulan dari penelitian ini adalah.

1. Hasil rancangan perangkap hama kakao otomatis berbentuk silindris.

Perangkap hama kakao otomatis memiliki komponen seperti sensor E18-D50NK, kipas, lampu, dan pompa air. Kerangka perangkap hama memiliki ukuran tinggi total 140 cm, tinggi ruang tangkap 40 cm, dan diameter ruang tangkap 20 cm. Bagian atas berbentuk kerucut dengan tinggi 40 cm dan diameter 60 cm. Bagian bawah berbentuk kerucut dengan tinggi 40 cm dan diameter 20 cm dan bawahnya terdapat kotak penampung serangga dengan ukuran 40 cm x 30 cm x 20 cm.

2. Hasil dari proses kalibrasi dan validasi sensor E15 D50NK sebagai berikut :
  - a. Efisien pembacaan sensor untuk benda dengan ukuran 1 cm mencapai 100% dan untuk benda 0,1 cm mencapai 80%.
  - b. Kecepatan respon pembacaan sensor untuk benda ukuran 1 cm sebesar 0,41 detik.
  - c. Kecepatan respon pembacaan sensor untuk benda dengan ukuran 0,5 cm sebesar 0,46 detik.

- d. Kecepatan respon pembacaan sensor untuk benda dengan ukuran 0,1 cm sebesar 0,48 detik.
3. Hasil Pengujian Alat perangkap hama kakao otomatis menunjukkan bahwa :
    - a. Rerata waktu penjatuhan serangga sebesar 6 menit 33 detik.
    - b. Stabilitas alat menghasilkan kinerja yang stabil.
    - c. Efisiensi penangkapan serangga pada alat 82,74%.
  4. Perangkap hama otomatis mampu menangkap serangga sebanyak 2627 ekor selama 44 hari sedangkan untuk perangkap kuning dan atraktan masing-masing dapat menangkap serangga sebanyak 110 ekor selama 44 hari dan 457 ekor selama 44 hari.

## **5.2. Saran**

Saran yang di dapat untuk perbaikan alat adalah

1. Penambahan sensor inframerah supaya pendeteksian serangga lebih akurat.
2. Melakukan Analisis daya panel surya dan kebutuhan daya pada alat.
3. Melakukan pengujian pada lahan dan jenis tanaman yang berbeda.
4. Melakukan klasifikasi serangga yang tertangkap pada perangkap hama Kakao.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriyani, R. 2006. Usaha Pengendalian Pencemaran Lingkungan Akibat Penggunaan Pestisida Pertanian. *Usaha Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, 3(1): 95–106.
- Anonim. 2018. E18-D80NK Infrared Sensor. [www.jogjarobotika.com/ultrasonik-sensor-jarak-proximity-sensor/146-e18-d80nk-infrared-sensor.html](http://www.jogjarobotika.com/ultrasonik-sensor-jarak-proximity-sensor/146-e18-d80nk-infrared-sensor.html) 20 November 2018.
- Anonim. 2017. Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). <https://kbbi.web.id/stabil> 1 March 2019.
- Arif, A. 2015. Pengaruh Bahan Kimia Terhadap Penggunaan Pestisida Lingkungan. *JF FIK UINAM*, 3(4): 134–143.
- Azim, S.F., Kandowanko, D.S. & Wanta, N.N. 2016. Kerusakan Biji Kakao Oleh Hama Penggerek Buah. *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*: 1–8.
- Basri, A. 2010. Pengendalian Hama Utama Buah Kakao. *SERAMBI PERTANIAN*, 4(2): 1–2.
- Billah, T., Cakrabawa, D., Nuryati, L. & Susanti, A.A. 2014. *Outlook Komoditi Kakao*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian 2014.
- Cahyono, G.R. & Nurmahaludin. 2015. Rancang Bangun Alat Perangkap Hama Tanaman Padi Menggunakan Arduino MEGA 2560. *Jurnal Poros Teknik*, 7(2): 54–105.
- Djuandi, F. 2011. *Pengenalan Arduino*. [www.tobuku.com](http://www.tobuku.com).
- Exchange, S. 2017. What is The Defference Betwen RRMSE and RMSE. <http://stats.stackexchange.com/question/260615/what-is-the-defference-between-rrmse-and-rmse> 20 July 2019.
- Habibullah, M. 2018. *Statistik Kakao Indonesia 2017*. Jakarta: Badan Pusat Statistik / BPS – Statistics Indonesia.

- Hakim, L., Surya, E. & Muis, A. 2017. Pengendalian Alternatif Hama Serangga Sayuran dengan Menggunakan Warna sebagai Perangkap Mekanis. *Serambi Sainia*, 5(1): 34–44.
- Haripan, M. & Dian, M. 2013. Perawatan dan Perbaikan Peralatan Listrik Rumah Tangga. *makalah/modul pengertian kipas angin*.  
<http://hatakepart2.blogspot.com/2013/02/makalahmodul-pengertian-kipas-angin.html>.
- Hasyim, A., Boy, A. & Hilman, Y. 2010. Respons Hama Lalat Buah Jantan terhadap beberapa Jenis Atraktan dan Warna Perangkap di Kebun Petani. *J. Hort.*, 20(2): 164–170.
- Hazliansyah, H. 2017. Teknologi Pengendalian Hama Terpadu Penggerek Buah Kakao.  
<https://www.republika.co.id/berita/nasional/intan/17/04/03/ontr1c280-teknologi-pengendalian-hama-terpadu-penggerek-buah-kakao> 28 November 2018.
- Julisman, A., Sara, I.D. & Siregar, R.H. 2017. Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatis Atap Stadion Bola. *Jurnal Online Teknik Elektro*, 2(1): 35–42.
- Kadir, A. 2015. *Buku Pintar Pemrograman Arduino: Tutorial Mudah dan Praktis Membuat Perangkat Elektronik Berbasis Arduino*. Yogyakarta: MediaKom.
- Kurniawan, E., Suhery, C. & Triyanto, D. 2013. Sistem Penerangan Rumah Otomatis Dengan Sensor Cahaya Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, 01(2): 1–10.
- Nabila, M. 2018. Olam International Prekdisikan Musim Depan Stok Kakao Devisit. <https://www.google.com/ame/read/20180425/94/788787/olam-international-prediksi-musim-depan-stok-kakao-devisit> 20 November 2018.
- Nursary, B. 2017. Feromon Penggerek Buah Kakao/Coklat (Fero-PBK).  
<https://www.bukalapak.com/p/hobi-koleksi/berkebun/peralatan-berkebun/29c32b-jual-feromon-penggerek-buah-kakao-coklat-fero-pbk> 20 November 2018.
- Pasetriyani, E. 2010. Pengendalian Hama Tanaman Sayuran Dengan Cara Murah, Mudah, Efektif dan Ramah Lingkungan. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*, 2(1): 34–42.
- Pertiwi, E.N., Mudjiono, G. & Rachmawati, R. 2013. Hubungan Populasi Ngegat Penggerek Batang Padi yang Tertangkap Perangkat Lampu Dengan Intensitas Serangan Penggerek Batang Padi di Sekitarnya. , 1(3): 88–95.

- Prasetyo, B.D. 2017. Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis pH Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Mikrokontroler. *Skripsi*: 70.
- Priyatno, E. 2015. Hama dan Penyakit Tanaman Kakao ( *theobroma cacao* L.). : 1–11.
- Ratih, S.I., Karindah, S. & Mudjiono, G. 2014. Pengaruh Sistem Pengendalian Hama Terpadu dan Konvensional Terhadap Intensitas Serangan Penggerek Batang Padi dan Musuh Alami Pada Tanaman Padi. *Jurnal HPT*, 2(3): 18–27.
- Rubiyo, R. & Siswanto, S. 2012. Peningkatan Produksi dan Pengembangan Kakao (*Theobroma cacao* L.) di Indonesia. *Buletin RISTI*, 3(1): 33–48.
- Saftari, F. 2015. *Proyek Robotika Keren Dengan Arduino*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Samosir, F.A. & Tarigan, M.U. 2013. Survei Faktor Kultur Teknis Terhadap Perkembangan Populasi Hama Penggerek Buah Kopi *Hyphotenemus hampei* Ferr(Coleoptera:Scolytide). *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(4): 1067–1080.
- Saputro, J.H. & Sukmadi, T. 2013. Analisa Penggunaan Lampu LED Pada Penerangan Dalam Rumah. , 3(1): 9.
- Telaumbanua, M. 2015. *Model Pengendalian Iklim Mikro dan Nutrisi Otomatis Pada Pertumbuhan Sawi (Brassica rappa var. parachinensis L.) Secara Hidroponik*. Yogyakarta.
- Telaumbanua, M., Anggraini, R., Sasongko, F.I., Fitri, A., Sari, R.F.M. & Waluyo, S. 2018. Control System Design for Rat Pest Repellent in the Rice Field Using a Modified ATmega328 Microcontroller Modified with Ultrasonic Sound Wave. *www.ijejournal.com*, 7(8): 22–28.
- Telaumbanua, M., Purwantana, B. & Sutiarmo, L. 2014. Rancang Bangun Aktuator Pengendali Iklim Mikro Di Dalam Greenhouse Untuk Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica rappa* var. *parachinensis* L.). *AGRITECH*, 34(2): 213–222.
- Telaumbanua, M., Triyono, S., Mulyani, Y., Yulianti, T., Amin, M. & Haryanto, A. 2019. Desain sensor suhu dan kelengasan tanah untuk sistem kendali budidaya tanaman cabai (*Capsicum Annuum* L.). *agriTECH*, 38(4): 388.
- Walton, R. 2018. Research Methodology MSC Course Validating Of Models. <http://slideplayer.com/slide/12572574/> 20 July 2019.
- Wiradiputra, S. 1996. Hama Penggerek Buah Kakao-Kendala Utama Tanaman Industri Kakao Indonesia dan Saran Pengelolaannya. , 2(1): 16–23.