

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN ALAT PERANGKAP NYAMUK
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN SENSOR
INFRAMERAH**

(Skripsi)

Oleh

KEVIN



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN ALAT PERANGKAP NYAMUK OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN SENSOR INFRAMERAH

Oleh

KEVIN

Pengendalian nyamuk sangat diperlukan untuk mengatasi masalah penyakit yang disebabkan dan ditularkan melalui nyamuk, khususnya penyakit demam berdarah yang dapat membahayakan nyawa manusia. Penelitian yang dilaksanakan bertujuan untuk merancang alat untuk pembasmian nyamuk, mengetahui jumlah nyamuk yang terperangkap pada alat, dan melakukan pengujian alat yang meliputi keakurasian dan respon sistem, serta melakukan analisis data berupa koefisien determinasi (R^2), koefisien korelasi (R), dan *relative root mean square error*.

Penelitian ini dilaksanakan dengan perancangan desain alat, pembuatan alat, pengujian hasil rancangan, pengamatan dan analisis data. Pengujian alat dan analisis data meliputi keakurasian, respon sistem, koefisien determinasi (R^2), koefisien korelasi (R) dan *relative root mean square error*.

Hasil penelitian ini menunjukkan alat perangkap nyamuk otomatis yang berhasil dirancang dengan komponen utama yaitu Arduino, sensor inframerah, LED UV, *real time clock (RTC)*, dan *module micro SD card (MMC)*. Hasil jumlah nyamuk

yang didapatkan menggunakan alat ini yaitu sebanyak 259 ekor nyamuk datang, 203 ekor nyamuk masuk dan 184 ekor nyamuk mati selama 24 hari dengan rata-rata efektifitas penangkapan sebesar 63,74%, rerata waktu penangkapan sebesar 3,75 detik dan rerata waktu penjatuhan nyamuk sebesar 3,8 detik. Hasil uji kinerja pembacaan sensor nyamuk datang dan nyamuk masuk didapatkan nilai determinasi (R^2) sebesar 0,8616, nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,9282 dan RRMSE sebesar 28,44%. Hasil uji kinerja pembacaan sensor nyamuk masuk dan nyamuk mati didapatkan nilai determinasi (R^2) sebesar 0,9444, nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,9718 dan RRMSE sebesar 9,43%.

Kata Kunci: perangkat nyamuk, sensor inframerah, ragi, gula.

DESIGN AND TESTING OF MICROCONTROLLER-BASED AUTOMATIC MOSQUITO TRAPS TOOLS WITH INFRARED SENSORS

By

KEVIN

Mosquito control is very necessary to overcome the problem of diseases caused and transmitted through mosquitoes, especially dengue fever which can endanger human life. The research carried out aims to design a tool for mosquito eradication, find out the number of mosquitoes trapped in the tool, and test the tool which includes system accuracy and response, as well as analyze data in the form of coefficient of determination (R^2), correlation coefficient (R), and relative root mean square error.

This research was carried out by designing tools, making tools, testing the results of the design, observing and analyzing data. Tool testing and data analysis include accuracy, system response, coefficient of determination (R^2), correlation coefficient (R) and relative root mean square error.

The results of this study indicate that an automatic mosquito trap has been successfully designed with the main components, namely Arduino, infrared sensor, UV LED, real time clock (RTC), and micro SD card (MMC) module. The results of the number of mosquitoes obtained using this tool are as many as 259

mosquitoes coming, 203 mosquitoes entering and 184 mosquitoes die for 24 days with an average capture effectiveness of 63.74%, an average capture time of 3.75 seconds and an average time of falling mosquitoes of 3.8 seconds. The results of the performance test of the sensor readings of mosquitoes coming in and mosquitoes getting a determination value (R^2) of 0.8616, a correlation coefficient value (R) of 0.9282 and an RRMSE of 28.44%. The results of the performance test of the sensor readings of incoming mosquitoes and dead mosquitoes obtained a determination value (R^2) of 0.9444, a correlation coefficient (R) of 0.9718 and an RRMSE of 9.43%.

Keywords: mosquito trap, infrared sensor, yeast, sugar.

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN ALAT PERANGKAP NYAMUK
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN SENSOR
INFRAMERAH**

Oleh

KEVIN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN
ALAT PERANGKAP NYAMUK OTOMATIS
BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN
SENSOR INFRAMERAH**

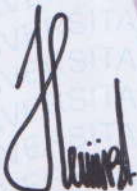
Nama Mahasiswa : **Kevin**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1754071002

Jurusan/PS : Teknik Pertanian

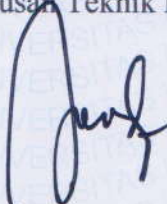
Fakultas : Pertanian




Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P, M.Sc.
NIP. 198803252015041001


Ir. Budianto Lanya, M.T.
NIP. 195805231986031002

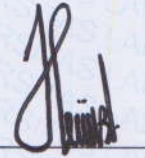
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 196210101989021002

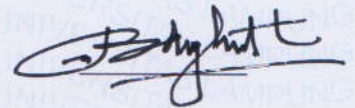
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

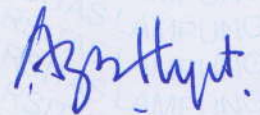
Ketua : **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P, M.Sc.**



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. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Agustus 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **KEVIN NPM 1754071002**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, **1) Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P, M.Sc.** dan **2) Ir. Budiarto Lanya, M.T.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, 9 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan



Kevin

NPM. 1754071002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 30 Oktober 1998, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Ferry Anggoro dan Ibu Yanti Andriana.

Penulis menempuh pendidikan di SD Fransiskus pada tahun 2005 dan diselesaikan pada tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Fransiskus pada tahun 2014 dan menengah atas diselesaikan di SMA Fransiskus pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Mata Kuliah Listrik dan Elektronika, dan Fisika Dasar. Penulis pernah menjadi anggota PMW yang didanai oleh Universitas Lampung pada tahun 2020. Dalam bidang organisasi kemahasiswaan, penulis tercatat aktif dalam Organisasi/Lembaga Kemahasiswaan internal kampus sebagai Anggota Biasa Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP), Staff Ahli Advokasi dan Kesejahteraan Mahasiswa (Adkesma) BEM Universitas Lampung (Periode

2018 – 2019), dan Staff Departemen Eksternal BEM Fakultas Pertanian Universitas Lampung (Periode 2019 – 2020).

Pada tahun 2020, penulis melaksanakan Praktik Umum di PT Sinar Jaya Inti Mulya, Metro dengan judul “Pembuatan Pellet Limbah Kernel Sawit Untuk Ekstraksi Minyak dan Penghasil Tenaga Uap” selama 30 hari mulai tanggal 29 Juni 2020 sampai 7 Agustus 2020. Pada tahun 2020 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik periode I tahun 2020 di Margodadi Kecamatan Sumberejo Kabupaten Tanggamus selama 40 hari.

PERSEMBAHAN



SKRIPSI INI SAYA PERSEMBAHKAN UNTUK

Ayahanda Tercinta

Ibunda Tercinta

Kakanda Tercinta



SANWACANA

Puji syukur kehadirat 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 dan Pengujian Alat Perangkap Nyamuk Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan Sensor Inframerah”** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) 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 yang telah memberikan saran dan masukan selama penyusunan skripsi ini.
5. Mama dan Kakakku atas doa dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Keluarga Teknik Pertanian angkatan 2017 dan seluruh Civitas Akademika Jurusan Teknik Pertanian.
7. Michaela yang telah memberikan dukungan dan semangat, dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Kuli SW, The Legacy, Tahta MRC, Erine Astaning Savitri, Anggit Pangestu, Agung Wahyudi, Witri Azzahro, Angga Aji Pratama, Steffanus Adrian.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amiin.

Bandar Lampung, 9 Agustus 2021

Penulis,

Kevin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Hipotesis Penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Perangkat Nyamuk.....	5
2.1.1. Sensor	5
2.1.2. Mikrokontroler.....	6
2.1.3. Mikrokontroler ATmega128.....	7
2.1.4. Mikrokontroler AVR	7
2.1.5. Arduino	8
2.1.6. Sistem Otomatis.....	8
2.1.7. Sensor Inframerah.....	9
2.1.8. LED Inframerah.....	10
2.1.9. Cara Kerja Sensor Inframerah	11
2.1.10. Lampu UV	11
2.1.11. Gula	12
2.1.12. Ragi.....	12
2.2. Atraktan	13
2.2.1. Larutan Fermentasi Gula dan Ragi	13
2.2.2. Air Cabai dan Ragi	14

2.2.3. Air Kelapa dan Ragi	14
2.3. Perangkat Nyamuk dengan Gula Merah dan Ragi.....	15
2.4. Ekologi Nyamuk	16
2.5. Rujukan Penelitian	16
III. METODOLOGI	19
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	19
3.3. Tahapan Penelitian.....	19
3.4. Skematik Rangkaian Perangkat Nyamuk Otomatis	21
3.5. Perancangan	21
3.5.1. Kriteria Desain.....	22
3.5.2. Rancangan Struktural	25
3.5.3. Rancangan Fungsional.....	28
3.6. Deskripsi Umum Sistem	32
3.7. Pengujian	32
3.7.1. Respon Sistem	32
3.7.2. Stabilitas	33
3.7.3. Efisiensi Penangkapan Nyamuk	34
3.7.4. Rerata Waktu Penjatuhan Nyamuk.....	34
3.8. Analisis Data	35
3.8.1. Koefisien Determinasi	35
3.8.2. Koefisien Korelasi	36
3.8.3. <i>Relative Root Mean Square Error</i>	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil Rancang Bangun Perangkat Nyamuk.....	38
4.1.1. Sistem Kendali.....	39
4.1.2. Kerangka Utama Perangkat Nyamuk	39
4.2. Hasil Perancangan Sistem Kendali	41
4.3. Pengujian Efektifitas Pembacaan Sensor Inframerah Terhadap Variasi Ukuran Benda	43
4.4. Pengujian Kecepatan Respon Aktuator Terhadap Benda yang Melewati Sensor E18-D50NK	44

4.5. Pengaruh Jumlah Sensor Inframerah pada Perangkap Nyamuk.....	46
4.6. Penentuan Aktuator Perangkap Nyamuk.....	48
4.6.1. Penangkapan Nyamuk Dengan Perlakuan Pertama.....	49
4.6.2. Penangkapan Nyamuk Dengan Perlakuan Kedua	50
4.6.3. Penangkapan Nyamuk Dengan Perlakuan Ketiga	51
4.7. Pengujian Rancangan Alat.....	52
4.7.1. Pengamatan Nilai Pembacaan Nyamuk.....	52
4.7.2. Rerata Waktu Penjatuhan Nyamuk.....	59
4.7.3. Stabilitas	62
4.8. Efektifitas Alat Terhadap Jumlah Penangkapan Nyamuk	63
4.9. Optimasi Ukuran Alat.....	67
V. KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	
Gambar 25 - 48	73
Penulisan Program pada Arduino	86

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rujukan Penelitian	16
2. Hasil pengamatan efektifitas pembacaan sensor inframerah E18-D50NK.....	44
3. Hasil pengukuran waktu pembacaan sensor inframerah E18-D50NK terhadap kedatangan benda	45
4. Perbandingan luas jangkauan pembacaan nyamuk	47
5. Data penangkapan nyamuk dengan perlakuan pertama	49
6. Data penangkapan nyamuk dengan perlakuan kedua.....	50
7. Data penangkapan nyamuk dengan perlakuan ketiga	51
8. Data pengamatan nyamuk	53
9. Data kecepatan waktu penjatuhan nyamuk	61
10. Data waktu nyamuk datang.....	62
11. Data efektifitas penangkapan nyamuk	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Diagram alir tahapan penelitian.	20
2.	Diagram alir pembuatan sistem kendali perangkat nyamuk.....	23
3.	Diagram alir pemrograman.	24
4.	Dimensi desain alat.	26
5.	Desain 3D alat perangkat nyamuk.....	27
6.	Desain 2D alat perangkat nyamuk.....	28
7.	Arduino uno.....	29
8.	Sensor inframerah.....	30
9.	<i>Relay</i>	30
10.	<i>Module micro SD card</i>	31
11.	<i>Real time clock</i>	31
12.	Grafik respon sistem kendali.....	33
13.	Grafik sistem stabil dan tidak stabil.....	34
14.	Sistem perangkat nyamuk otomatis.	39
15.	Ukuran kerangka perangkat nyamuk.	41
16.	Komponen sistem kendali perangkat nyamuk.	42
17.	Grafik penangkapan nyamuk pada perangkat otomatis	56
18.	Grafik penangkapan nyamuk pada perangkat otomatis	56
19.	Grafik penangkapan nyamuk pada perangkat otomatis	57

20. Persamaan regresi pembacaan sensor nyamuk datang dan	57
21. Persamaan regresi pembacaan sensor nyamuk masuk dan	58
22. Data waktu nyamuk datang dan nyamuk masuk.....	60
23. Stabilitas kinerja alat.....	63
24. Nyamuk yang terperangkap pada perangkat otomatis.	67

Lampiran

25. Skematik rangkaian perangkat nyamuk otomatis.	73
26. Kipas dua kecepatan yang digunakan pada perangkat otomatis.	74
27. Kipas dorong 220 V.	74
28. Peletakan tiga sensor inframerah pada perangkat.	75
29. Pengujian dengan perlakuan pertama dalam ruangan.	75
30. Pengujian dengan perlakuan kedua di areal teras rumah.	76
31. Peletakan lima sensor inframerah pada perangkat.	76
32. Pengujian dengan perlakuan ketiga di areal teras rumah.	77
33. Campuran gula merah, ragi dan air pada wadah atraktan.	77
34. Air sabun yang digunakan pada ruang tangkapan.	78
35. Pengujian pada perangkat nyamuk otomatis.....	78
36. Diagram blok sistem kendali.	79
37. Hasil tangkapan nyamuk pada 30 April 2021.....	79
38. Hasil tangkapan nyamuk pada 1 Mei 2021.....	79
39. Hasil tangkapan nyamuk pada 2 Mei 2021.....	79
40. Hasil tangkapan nyamuk pada 3 Mei 2021.....	80
41. Hasil tangkapan nyamuk pada 4 Mei 2021.....	80
42. Hasil tangkapan nyamuk pada 5 Mei 2021.....	80
43. Hasil tangkapan nyamuk pada 6 Mei 2021.....	81

44. Hasil tangkapan nyamuk pada 7 Mei 2021.....	81
45. Data rerata waktu penjatuhan nyamuk dengan perlakuan 1.	82
46. Data rerata waktu penjatuhan nyamuk dengan perlakuan 2.	83
47. Data rerata waktu penjatuhan nyamuk dengan perlakuan 3.	84
48. Desain alat perangkap nyamuk	85

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kasus penyakit demam berdarah tertinggi di dunia. Pada musim hujan yang tidak menentu sangat rentan berbagai penyakit menyerang, seperti penyakit demam berdarah, malaria, maupun penyakit lain yang mudah mewabah. Salah satu media penularan yaitu melalui nyamuk. Saat ini, telah banyak beredar obat pembasmi nyamuk di masyarakat. Disadari atau tidak hal ini menumbuhkan ketergantungan manusia pada obat pembasmi nyamuk yang belum tentu terjamin kualitasnya. Sebagian besar yang memproduksi obat pembasmi nyamuk memasukan bahan-bahan kimia ke dalam obat produknya untuk menciptakan aroma, warna ataupun tekstur yang sesuai untuk menarik minat masyarakat tanpa melihat efek sampingnya. Pemakaian obat nyamuk instan yang mengandung bahan kimia secara terus menerus dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti penyakit kulit, gangguan pernafasan, bahkan kanker. Seiring dengan berjalannya waktu, kemajuan ilmu pengetahuan teknologi sudah berkembang pesat, salah satu diantaranya ialah kemajuan dan teknologi elektronika khususnya pada alat pengusir atau pembasmi nyamuk. Dahulunya masyarakat membasmi nyamuk dengan menggunakan sapu lidi dan

seiring berkembangnya jaman bermunculan produk yang menawarkan cara pembasmian nyamuk seperti dengan obat nyamuk bakar dan juga dengan penyemprot. Akan tetapi terdapat efek positif dan negatif yang ditimbulkan dari produk ini. Efek positifnya yaitu dengan menggunakan produk ini manusia jauh lebih mudah dalam membasmi nyamuk dan efek negatif yang ditimbulkan yaitu ruangan mengalami perubahan warna, memicu kebakaran akibat penggunaan obat nyamuk bakar serta mengganggu pernafasan dan paru-paru akibat bau dan asap yang dihasilkan.

Kemudian bermunculan produk baru seperti raket nyamuk yang menggunakan baterai, lotion dan anti nyamuk bakar. Produk ini juga menimbulkan efek positif dan negatif. Efek positifnya yaitu dengan menggunakan raket nyamuk, tidak ada asap dan bau yang ditimbulkan sehingga tidak mengganggu kesehatan. Efek negatifnya yaitu pada raket nyamuk manusia masih terlibat untuk membasminya. Dan pada lotion nyamuk, efektifitas dalam menjauhkan nyamuk lebih tinggi karena dimanapun kita berada nyamuk akan menjauh selama lotion masih melekat pada kulit. Pada lotion efek negatifnya yaitu terjadi alergi pada kulit sampai kanker kulit, dan nyamuk tersebut tetap berada di lingkungan tersebut. Kemudian muncul teknologi baru dengan menggunakan listrik yaitu anti nyamuk elektrik. Produk ini juga menimbulkan efek positif dan negatif. Efek positifnya adalah manusia tidak terlibat secara aktif dalam membasmi nyamuk dan bau yang ditimbulkan juga tidak ada sehingga tidak mengganggu kesehatan. Efek negatifnya yaitu kurang efisien, karena tidak menyebar keseluruh ruangan dan hasil yang dicapai tidak memuaskan. Dari permasalahan tersebut dan kekurangan dari alat-alat tersebut penulis membuat alat yang menggabungkan dari beberapa

alat yang dapat memaksimalkan pembasmian nyamuk. Pembuatan perangkat nyamuk otomatis ini sangat penting karena dapat memancing nyamuk yang bersembunyi untuk datang tanpa membuat nyamuk merasa terancam karena alat tidak bergerak dan dapat mengurangi penggunaan bahan kimia dalam pembasmian nyamuk dengan menggunakan alat ini.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana penggunaan sensor inframerah di alat ini dapat efisien dalam memaksimalkan pembasmian nyamuk?

1.3. Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis penelitian ini adalah penggunaan alat perangkat nyamuk otomatis berbasis mikrokontroler dengan sensor inframerah dapat memaksimalkan pembasmian nyamuk.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

- 1) Menghasilkan alat perangkat nyamuk berbasis mikrokontroler Arduino Uno.
- 2) Mendapatkan nilai efisiensi pembacaan sensor dan kecepatan respon pembacaan sensor inframerah pada alat perangkat nyamuk otomatis.
- 3) Mengetahui jumlah nyamuk yang terperangkap dalam alat perangkat nyamuk otomatis berbasis mikrokontroler dengan sensor inframerah.

- 4) Menghasilkan nilai kinerja aktuator yang meliputi keakurasian dan respon sistem pada perangkat nyamuk.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pembuatan alat perangkat nyamuk otomatis berbasis mikrokontroler dengan sensor inframerah dan dapat memaksimalkan pembasmian nyamuk dengan menggunakan alat perangkat nyamuk otomatis berbasis mikrokontroler dengan sensor inframerah.

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Target penggunaan alat ini adalah di ruangan.
- 2) Bahasa yang digunakan yaitu bahasa pemrograman C.
- 3) Alat harus di coba pada tempat yang tidak memiliki intensitas cahaya yang tinggi.
- 4) Perangkat nyamuk menggunakan campuran air, gula merah dan ragi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perangkap Nyamuk

Perangkap nyamuk merupakan alat yang digunakan untuk memikat nyamuk. Salah satu metode pengendalian nyamuk tanpa menggunakan insektisida atau bahan kimia lainnya yaitu dengan metode *trapping*. Metode ini merupakan pengendalian dengan memanfaatkan mekanisme alamiah sehingga lebih aman dan ramah lingkungan. Metode *trapping* diterapkan menggunakan botol bekas air mineral yang diberi cat warna hitam pada bagian luarnya, dan diisi dengan air atraktan untuk memikat nyamuk seperti campuran gula dan ragi dengan takaran 100 gram gula, 250 ml air dan 1 gram ragi (Endang dan Nusa, 2011). Perangkap nyamuk pada penelitian ini menggunakan komponen-komponen seperti mikrokontroler, sensor inframerah, dan kipas. Selain itu, digunakan campuran ragi dan gula merah serta lampu UV sebagai pemikat untuk memikat nyamuk agar datang.

2.1.1. Sensor

Sensor adalah alat yang berfungsi mendeteksi sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, dan energi mekanik. Contohnya seperti kamera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba,

LDR sebagai sensor cahaya, dan lainnya (William, 1993). Pengertian sensor adalah transduser yang berfungsi mengolah variasi gerak, panas, cahaya, magnetis, dan kimia menjadi tegangan serta arus listrik. Sensor juga berfungsi untuk mendeteksi dan mengetahui magnitude. Sensor sendiri sering digunakan sebagai proses pendeteksi untuk pengukuran. Sensor yang sering digunakan sebagai rangkaian elektronik yaitu sensor cahaya, sensor suhu, dan sensor tekanan (Wardhana, 2006).

2.1.2. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah alat pengendali (kontroler) berukuran mikro atau sangat kecil yang dikemas dalam bentuk chip. Sebuah mikrokontroler dasarnya bekerja seperti sebuah mikroprosesor pada komputer. Keduanya memiliki sebuah CPU yang menjalankan instruksi program, melakukan logika dasar, dan pemindahan data. Namun untuk dapat digunakan, mikroprosesor memerlukan tambahan komponen seperti memori untuk menyimpan program dan data, juga interface input-output untuk berhubungan dengan dunia luar. Sebuah mikrokontroler telah memiliki memori dan interface input-output di dalamnya, bahkan beberapa mikrokontroler memiliki unit ADC yang dapat menerima masukan sinyal analog secara langsung. Karena berukuran kecil, murah, dan menyerap daya yang rendah, mikrokontroler digunakan pada berbagai peralatan (Artanto, 2009).

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol atau pengendali rangkaian elektronik yang di dalamnya dapat menyimpan program. Penggunaan mikrokontroler lebih menguntungkan dibandingkan penggunaan mikroprosesor, hal ini dikarenakan penggunaan mikrokontroler tidak perlu lagi

penambahan memori dan I/O *eksternal* selama memori dan I/O *internal* masih bisa mencukupi. Selain itu produksi mikrokontroler secara massal, sehingga harganya menjadi lebih murah dibandingkan mikroprosesor (Widodo, 2000).

2.1.3. Mikrokontroler ATmega128

Mikrokontroler ATmega128 merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit. Beberapa fitur yang dimiliki mikrokontroler ATmega128 adalah memiliki memori yang bersifat *non-volatile*, yaitu 128 kbytes *of in system self programmable flash program memory* (128 kbytes memory flash untuk pemrograman), 4 kbytes memori EEPROM, 4 kbytes memori *internal* SRAM, *write/erase cycles* 10.000 *flash*/ 100.000 EEPROM (program dalam mikrokontroler dapat diisi dan dihapus berulang kali sampai 10.000 kali untuk *flash* memori atau 100.000 kali untuk penyimpanan program/data di EEPROM) (Sugiarti, 2013).

2.1.4. Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) merupakan mikrokontroler keluaran Atmel, yang mempunyai arsitektur RISC 8 bit, semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*. Hal itu terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (*reduced instruction set computing*), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (*complex instruction set computing*). Secara umum, AVR dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga

ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, 4 jenis AVR ini bisa dikatakan hampir sama (Sugiarti, 2013).

2.1.5. Arduino

Arduino merupakan platform yang terdiri dari *software* dan *hardware*. *Hardware* Arduino sama dengan mikrokontroler, hanya saja umumnya Arduino ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. *Software* Arduino merupakan *software open source* sehingga dapat diunduh secara gratis. *Software* ini digunakan untuk membuat dan memasukkan kode program ke dalam Arduino (Sulaiman, 2012).

Pemrograman Arduino tidak sebanyak tahapan mikrokontroler konvensional karena Arduino sudah didesain supaya lebih mudah dipelajari, sehingga para pemula dapat mulai belajar mikrokontroler dengan Arduino. Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa Arduino merupakan platform pembuatan prototipe elektronik yang terdiri dari hardware dan *softaware* (Wardhana, 2006).

2.1.6. Sistem Otomatis

Sistem otomatis adalah sistem pengendalian dimana subyek digantikan oleh suatu alat yang disebut *controller* (Gunterus, 1994). Dimana tugas untuk membuka dan menutup *valve* tidak lagi dikerjakan oleh operator, tetapi atas perintah *controller*. Sistem otomatis dapat diartikan sebagai susunan beberapa perangkat yang mempunyai fungsi yang berbeda namun saling berkaitan dan membentuk satu

kesatuan secara terus-menerus sesuai kondisi masukan yang mempengaruhi pekerjaan secara otomatis.

Sistem pengendalian otomatis adalah sistem pengendalian dimana subyek digantikan oleh suatu alat yang disebut *controller*. Dimana tugas untuk membuka dan menutup *valve* tidak lagi dikerjakan oleh operator, tetapi atas perintah *controller* (Gunterus, 1994).

2.1.7. Sensor Inframerah

Sensor inframerah termasuk dalam kategori sensor biner yaitu sensor yang menghasilkan output 1 atau 0 saja. *Infrared sensor* (IR sensor) dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti sensor pada *robot line follower*. Pembuatan IR sensor dapat menggunakan inframerah dan photodiode. Inframerah merupakan radiasi elektromagnetik yang panjang gelombangnya lebih panjang dari cahaya yang nampak yaitu 700 nm - 1 mm, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio. Namanya berarti "bawah merah" (dari bahasa Latin *infra*, "bawah"), merah merupakan warna dari cahaya tampak dengan gelombang terpanjang. Radiasi inframerah memiliki jangkauan tiga "order" dan memiliki panjang gelombang antara 700 nm - 1 mm (Susilo, 2009).

Sinar Inframerah akan terlihat jika dilihat dengan menggunakan spektroskop cahaya, dengan begitu radiasi cahaya inframerah akan nampak pada spectrum elektromagnet yang panjang gelombangnya di atas panjang gelombang cahaya merah. Dengan adanya panjang gelombang maka cahaya inframerah yang ada, tidak akan terlihat oleh mata telanjang. Walaupun begitu radiasi yang dihasilkan

yaitu panas, akan terasa atau terdeteksi oleh kulit tubuh. Inframerah dapat dibedakan menjadi 5 jenis berdasarkan panjang gelombangnya (Susilo, 2009), yaitu:

- 1) *Near infrared* dengan panjang gelombang 700 nm – 1400 nm.
- 2) *Short wavelength infrared* dengan panjang gelombang 1400 nm – 3000 nm.
- 3) *Mid wavelength infrared* dengan panjang gelombang 3000 nm – 8000 nm.
- 4) *Long wavelength infrared* dengan panjang gelombang 8000 nm – 15000 nm.
- 5) *Far infrared* dengan panjang gelombang 15000 nm – 1 mm.

2.1.8. LED Inframerah

LED inframerah merupakan komponen elektronik yang memancarkan cahaya inframerah dengan konsumsi daya yang sangat kecil. Pada saat menghantar, LED inframerah memancarkan cahaya yang tidak tampak oleh mata. Jika diberi prasiapak maju, LED inframerah akan mengeluarkan panjang gelombang sekitar 0,9 mikrometer. Proses terjadinya pancaran cahaya pada LED inframerah, saat dioda menghantarkan arus, elektron lepas dari ikatannya karena memerlukan tenaga dari catu daya listrik. Setelah elektron lepas, banyak elektron yang bergabung dengan lubang yang ada sekitarnya. Pada saat berpindah ke lubang lain, elektron melepaskan tenaga yang akan diradiasikan dalam bentuk cahaya, sehingga dioda akan menyala atau memancarkan cahaya pada saat dilewati arus (Kho, 2014).

2.1.9. Cara Kerja Sensor Inframerah

Sistem sensor inframerah pada dasarnya menggunakan inframerah sebagai media untuk komunikasi data antara *receiver* dan *transmitter*. Sistem akan bekerja jika sinar inframerah yang dipancarkan terhalang oleh suatu benda yang mengakibatkan sinar inframerah tersebut tidak dapat terdeteksi oleh penerima. Manfaat dari sistem ini dalam penerapannya yaitu sebagai pengendali jarak jauh, alarm keamanan dan otomatisasi pada sistem. Pemancar dari sistem ini terdiri atas sebuah *light emitting diode* (LED) inframerah yang dilengkapi dengan rangkaian yang membangkitkan data untuk dikirimkan melalui sinar inframerah, sedangkan pada bagian penerima biasanya terdapat *foto transistor*, *foto diode*, atau inframerah *module* yang berfungsi untuk menerima sinar inframerah yang dikirimkan oleh pemancar. Untuk jarak yang cukup jauh, kurang lebih dari tiga sampai lima meter, pancaran data inframerah harus dimodulasikan terlebih dahulu untuk menghindari kerusakan data akibat *noise* (Malik, 1997).

2.1.10. Lampu UV

Lampu *ultraviolet* adalah lampu yang mengeluarkan cahaya ultraviolet dan tidak boleh dilihat oleh mata, lampu UV memiliki radiasi elektromagnetik yang berada pada kisaran panjang gelombang 100 – 400 nm. Cahaya UV ini ditemukan sejak tahun 1677 dan pertama kali digunakan oleh Niels Ryberg Finsen seorang peneliti Denmark untuk membunuh *organisme patogen*. Karakteristik dari cahaya *ultraviolet* memberikan dampak pada kerusakan kulit dan mampu membunuh *mikroorganisme* di dalam sehingga perkembangannya terlambat. Lampu *ultraviolet* memancarkan gelombang cahaya yang mempunyai panjang gelombang

paling pendek dari cahaya tampak yaitu antara 100 - 390 nm. Sinar yang bersifat membunuh *mikroorganisme* (germisida) dari lampu kabut merkuri yang dipancarkan secara eksklusif pada panjang gelombang 2537 satuan Amstrong (253,7 milimikron). Ketika sinar UV melewati bahan, energi dibebaskan ke orbital elektron dalam atom konstituen. Energi yang terserap ini menyebabkan meningginya keadaan energi atom-atom dan mengubah reaktifitasnya (Pratiwi, 2008).

2.1.11. Gula

Gula adalah bahan pemanis yang biasanya berbentuk kristal yang dibuat dari air dan tebu. Gula biasanya digunakan sebagai bahan untuk fermentasi. Beberapa hasil fermentasi dari gula yaitu etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Ragi dan gula dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya (Buckle, 1987).

2.1.12. Ragi

Ragi adalah mikroorganisme hidup yang berasal dari keluarga fungus bersel satu, species *cereviciae*, dan memiliki ukuran sebesar 6 - 8 mikron. Ragi ini berbentuk bulat telur, dan dilindungi oleh dinding membran yang semi berpori (*semipermeable*), melakukan reproduksi dengan cara membelah diri (*budding*), dan dapat hidup di lingkungan tanpa oksigen (*anaerob*). Untuk bertahan hidup, ragi membutuhkan air, makanan dan lingkungan yang sesuai. Bakteri bersel satu

ini akan mudah bekerja bila ditambahkan dengan gula dan kondisi suhu yang hangat. Kandungan karbondioksida yang dihasilkan akan membuat suatu adonan menjadi mengembang dan terbentuk pori-pori. Ragi memiliki sifat dan karakter yang sangat penting dalam industri pangan. Ragi akan berkembang dengan baik dan cepat bila berada pada temperatur antara 25 °C – 30 °C (Yalun, 2008).

2.2. Atraktan

Atraktan adalah suatu zat yang mempunyai daya tarik bagi serangga (nyamuk) baik secara kimiawi maupun fisik. Atraktan kimia didapat dari hasil metabolisme makhluk hidup termasuk manusia dan zat atau senyawa bahan-bahan organik seperti senyawa ammonia, CO₂, asam lemak dan asam laktat. Dimana zat-zat tersebut dapat mempengaruhi syaraf penciuman nyamuk sehingga akan memancing nyamuk untuk datang. Atraktan yang biasanya digunakan pada perangkap nyamuk yaitu larutan fermentasi gula dan ragi, air kelapa dan ragi, air cabai dan ragi (Kurniati, 2005).

2.2.1. Larutan Fermentasi Gula dan Ragi

Fermentasi adalah proses produksi energi pada sel dalam keadaan *anaerobik* (tanpa oksigen). Secara umum fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi *anaerobik*. Ilmu biologi secara lanjut mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan *anaerobik* dengan tanpa akseptor *elektron eksternal*. Gula adalah bahan yang umum dijadikan sebagai bahan baku dalam fermentasi. Agar dapat difermentasi, umumnya gula dilarutkan dengan air dan ditambahkan dengan ragi. Dalam pembuatan larutan atraktan, gula yang umum digunakan adalah gula

merah dikarenakan kandungan glukosa pada gula merah lebih mudah terfermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* yang terdapat dalam ragi dibandingkan dengan gula pasir. Beberapa jenis senyawa yang dihasilkan dari fermentasi gula merah adalah etanol, asam laktat, hidrogen dan gas CO₂. Gas CO₂ tersebut merupakan atraktan yang mampu dikenali dengan baik oleh penciuman nyamuk untuk datang mendekat (Kurniati, 2005).

2.2.2. Air Cabai dan Ragi

Fermentasi air cabai dan ragi dibuat dari cabai merah segar yang dihancurkan, yang kemudian airnya disaring agar terpisah dari biji dan sarinya, lalu dicampurkan dengan ragi dan didiamkan selama 7 hari, kemudian diencerkan dengan aquades sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. Air cabai merah menghasilkan ammonia, asam laktat, octenol, dan asam lemak yang efektif dalam mengundang nyamuk (Kurniati, 2005).

2.2.3. Air Kelapa dan Ragi

Kandungan air kelapa mengandung karbon dan nitrogen, kandungan karbon itu memiliki unsur kandungan lain yaitu glukosa, sukrosa, fruktosa, sorbitol, inositol dan lainnya. Sedangkan unsur dari nitrogen yaitu asam amino seperti alin, arginin, alanin, sistin, dan serin. Kandungan asam amino pada air kelapa lebih tinggi dibandingkan dengan susu sapi. Untuk mendapatkan atraktan yang mampu menarik nyamuk untuk datang maka air kelapa dicampur dengan ragi dan difermentasikan yang akan menghasilkan kandungan CO₂ dan bioethanol yang

mana kandungan tersebut dapat mempengaruhi saraf penciuman nyamuk (Kurniati, 2005).

2.3. Perangkap Nyamuk dengan Gula Merah dan Ragi

Proses fermentasi antara gula dan ragi untuk mengeluarkan CO₂ sebagai salah satu atraktan untuk nyamuk. Produksi etanol dan CO₂ dapat diperoleh dari gula dengan proses fermentasi secara anaerob (tanpa O₂) oleh aktifitas khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Proses fermentasi gula terjadi setelah larutan gula dalam 200 ml air ditambahkan ragi aktif. Untuk menghasilkan fermentasi maksimal, larutan ini didiamkan dalam wadah tertutup untuk proses metabolisme anaerob (Endang dan Nusa, 2011).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nusa (2011), metode pengendalian nyamuk menggunakan perangkap dengan fermentasi gula dan ragi lebih aman dan ramah lingkungan. Penggunaan dari campuran gula dan ragi digunakan sebagai pemikat nyamuk agar datang, hasil dari fermentasi gula dan ragi akan menghasilkan CO₂ yang dapat dideteksi indera nyamuk sehingga datang menuju perangkap. Rata-rata nyamuk terperangkap dengan 1 gr ragi dan 40 gr gula dengan jumlah nyamuk terperangkap sebanyak 28 dalam 18 hari.

2.4. Ekologi Nyamuk

Tempat kesukaan nyamuk untuk beristirahat yaitu di tempat-tempat yang gelap, lembab di dalam rumah atau bangunan yang terlindungi dari sinar matahari secara langsung. Tempat gelap memberikan rasa nyaman bagi nyamuk karena dapat berkamufase dengan baik, sedangkan kelembaban optimum bagi nyamuk yaitu 70% - 80% dengan suhu 28 °C – 29 °C yang dapat memperpanjang umur nyamuk sehingga nyamuk menyukai tempat yang lembab (Grandahusada, 2002).

2.5. Rujukan Penelitian

Metode pengendalian vektor digunakan untuk program pengendalian nyamuk dan pemberantasan populasi nyamuk menggunakan atraktan dan perangkap nyamuk.

Hasil dari penelitian penggunaan perangkap nyamuk dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rujukan Penelitian

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
1	Jia, H., 2008	Mendesign alat perangkap nyamuk	Penelitian ini menggunakan campuran gula merah dan ragi. Rata-rata kematian tertinggi nyamuk sebesar 29,11 selama 3 hari dengan standar deviasi 13,67.
2	Endang, A.P., Nusa, R., 2011	Efektivitas Alat Perangkap Nyamuk Vektor Demam Berdarah Dengue Dengan Fermentasi Gula	Perangkap ini menggunakan fermentasi ragi dan gula sehingga lebih ramah lingkungan. Rata-rata nyamuk terperangkap sebanyak 28 dalam 18 hari.
3	Cancrini, G., 2018	Development of a More Effective Mosquito Trapping Box for Vector Control	Penggunaan kotak perangkap nyamuk berdasar pada rangka kayu, kipas, kain hitam dan CO ₂ . Rata-rata nyamuk yang terperangkap sebanyak 21 nyamuk selama 3 hari.

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
4	Kumar, A. et al, 2013	Design of a Fiber-Optic Sensing Mosquito Trap	Merancang perangkat dengan sensor serat optik. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kesuksesan sebesar 93% - 100% untuk mendeteksi nyamuk yang hidup.
5	Devkota, B. et al, 2014	A research for an eco-friendly mosquito control by using a new mosquito trap (Moshole trap) in a cowshed Yeoju of Korea	Perangkap lubang nyamuk ramah lingkungan. Total nyamuk yang terperangkap sebanyak 31.725 ekor dan teridentifikasi 6 <i>genus</i> dan 16 <i>species</i> selama 30 hari dengan total 12 perangkap nyamuk yang digunakan.
6	Kardec, A. et al, 2017	MosqTent: An individual portable protective double-chamber mosquito trap for anthropophilic mosquitoes	Pengembangan MosqTent, perangkap nyamuk kamar ganda. Hasil perangkap menunjukkan sebanyak 53 nyamuk terperangkap pada alat MosqTent selama 7 hari.
7	Nurahayati, A. dan Sayono, S., 2015	Efektifitas Kotak Perangkap Nyamuk Dalam Pengendalian Nyamuk <i>Aedesaegypti</i>	Kotak perangkap nyamuk yang berdasar temperature udara, kelembaban udara, intensitas pencahayaan.. Hasil perangkap menunjukkan 51 ekor terperangkap selama 7 hari dengan standar deviasi sebesar 0,683.
8	Sucipto, C.D. and Kuswandi, K., 2016	Efektivitas Perangkap Nyamuk Kasa Apung Sebagai Perangkap Nyamuk <i>Aedesaegypti</i> Di Wilayah Endemis DBD Kota Tangerang	Perangkap yang berfungsi sebagai tempat perindukan. Hasil perangkap menunjukkan sebanyak 225 ekor nyamuk mati pada perangkap kasa apung selama 14 hari.
9	Rosanti, T.I. et al, 2017	Effectiveness of Environmentally Friendly Mosquito Trap Contained Sugar Yeast Solution	Perangkap terbuat dari botol berisi larutan gula ragi. Hasil perangkap menunjukkan 43 nyamuk terperangkap di luar ruangan dan 19 nyamuk terperangkap di dalam ruangan selama 5 hari.

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
10	Peck, W.G. et al, 2018	Comparative Analysis of Mosquito Trap Counts In the Peruvian Amazon: Effect of Trap Type and Other Covariates On Counts and Diversity	Perangkap cahaya pijar. Total nyamuk yang terperangkap sebanyak 5.363 ekor dan teridentifikasi 7 <i>genus</i> dan 28 <i>species</i> selama 30 hari.

III. METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

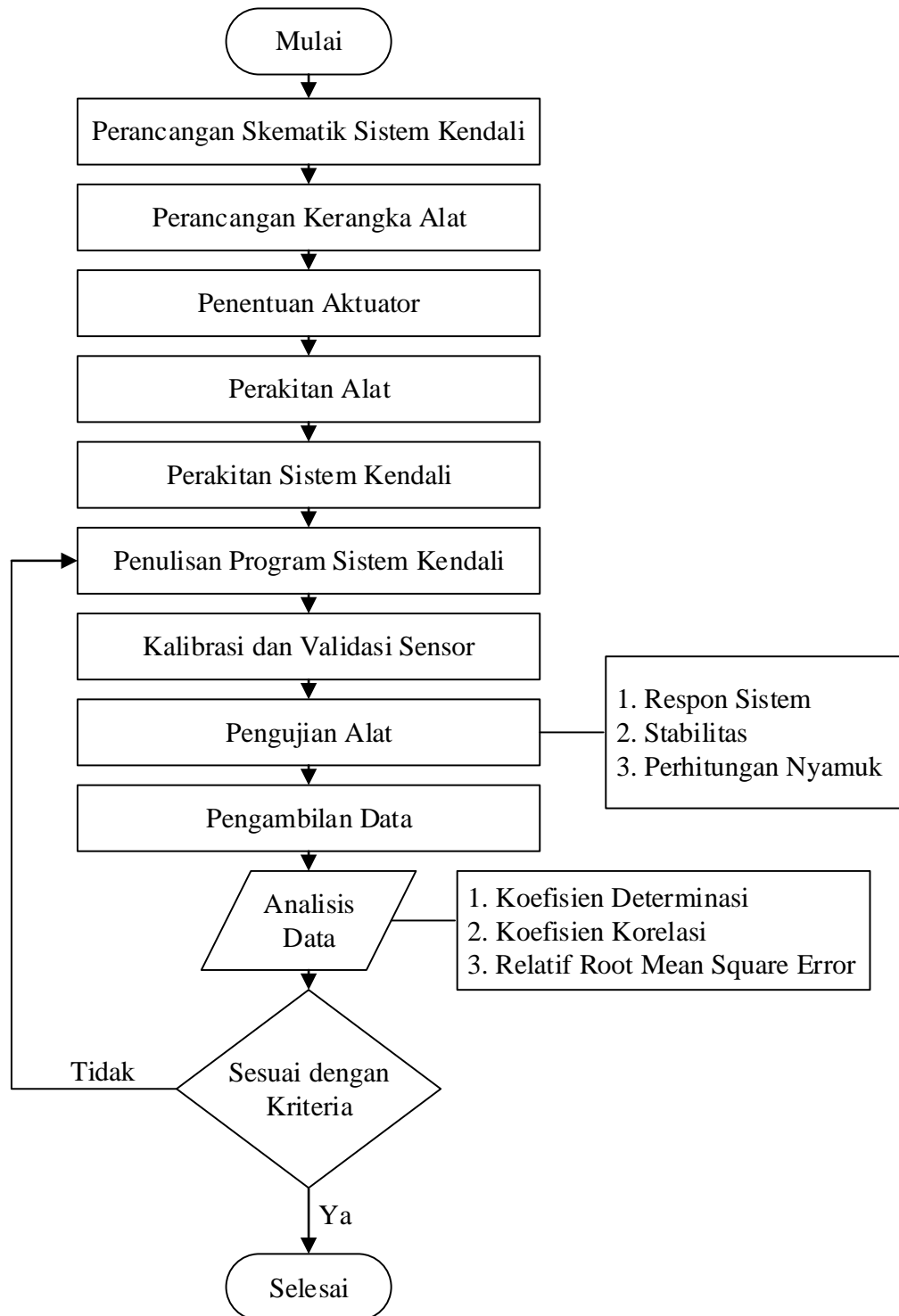
Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2021 - Maret 2021 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain laptop, solder, pemanas lem bakar, mesin gerinda, mesin las, mesin bor, tiang besi, plat besi. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Arduino uno, kabel jumper, sensor inframerah E18-D50NK, kipas pendorong 220 V, lampu LED UV, *SD card*, *relay* tipe 5VDC-SL-C, *module micro SD card (MMC)*, *real time clock (RTC)* tipe DS3231, air, gula merah, dan ragi.

3.3. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu perancangan (desain) alat, pembuatan alat, pengujian hasil rancangan, pengamatan dan analisis data. Pada perancangan dan pembuatan desain alat menggunakan *software* AutoCAD. Diagram alir tahapan penelitian yang dilakukan disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian.

3.4. Skematik Rangkaian Perangkat Nyamuk Otomatis

Rangkaian ini menggunakan komponen Arduino, *SD card*, LED, sensor inframerah, *relay*, kipas, dan RTC. Pada rangkaian GND sensor inframerah, *SD card*, LED, RTC, dan *relay* dihubungkan ke GND Arduino. VCC pada sensor inframerah, RTC, LED, *SD card*, dan *relay* dihubungkan ke VCC Arduino. OUT pada sensor inframerah dihubungkan ke pin 2, pin 3, pin 4, dan pin 5 pada Arduino. SDA dan SCL RTC dihubungkan ke SDA dan SCL Arduino. CS pada *SD Card* dihubungkan ke pin 10, MOSI pada *SD Card* dihubungkan ke pin 11, SCK pada *SD Card* dihubungkan ke pin 13 dan MISO pada *SD Card* dihubungkan ke pin 12. IN pada *relay* dihubungkan ke pin 9. VCC pada kipas dihubungkan ke COM *relay* dan VCC pada adaptor dihubungkan ke NO *relay*. GND pada LED dihubungkan pada GND Arduino dan VCC pada LED dihubungkan pada VCC Arduino. Skematik rangkaian dapat dilihat pada Lampiran (Gambar 25).

3.5. Perancangan

Perancangan alat meliputi pembuatan skematik sistem kendali, skematik sensor dan aktuator, 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.

Uji sensitifitas dilakukan dengan melihat kecepatan respon dari sensor inframerah ketika benda melewati sensor dengan respon menghidupkan kipas. Penulisan

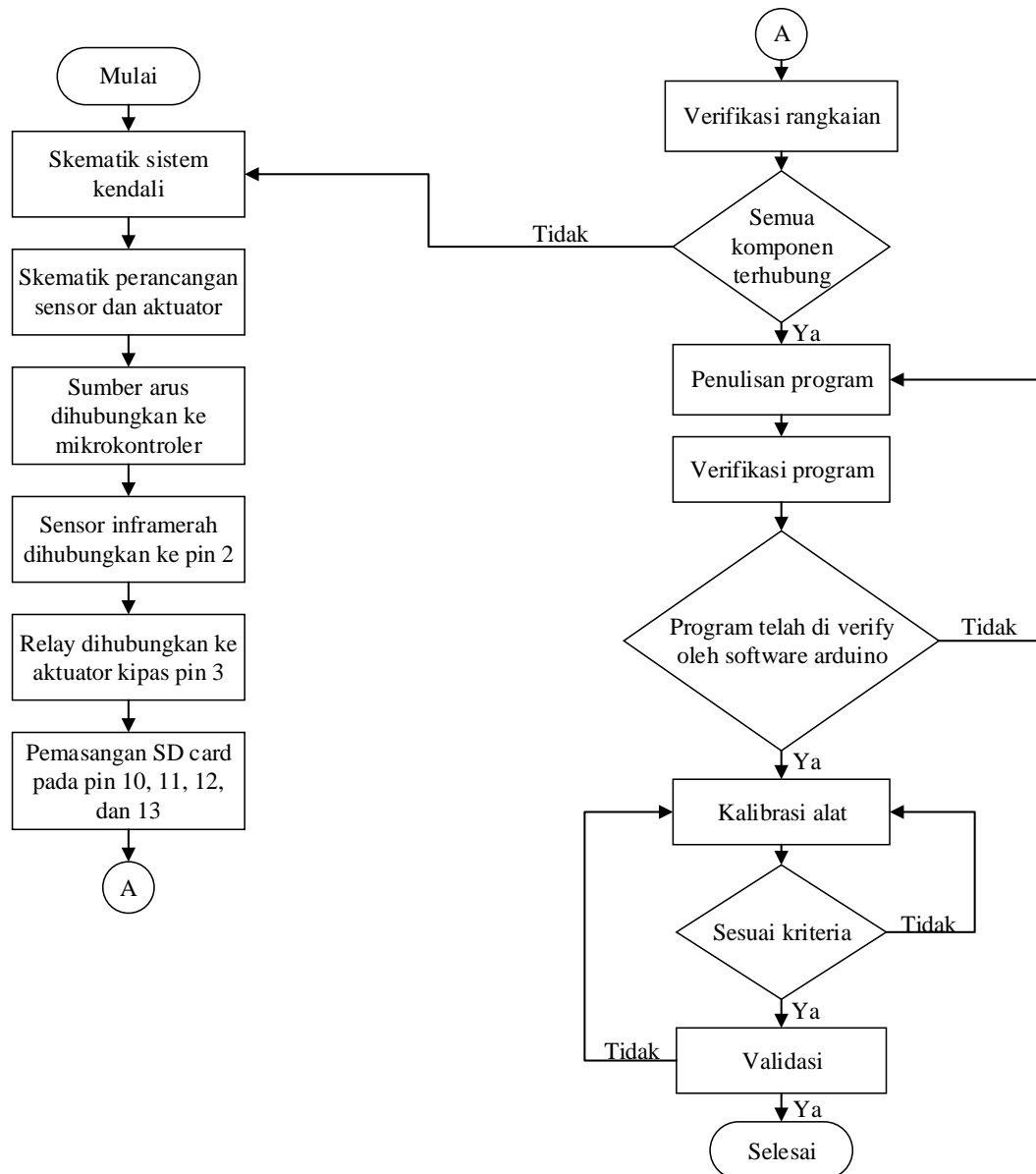
program alat menggunakan bahasa pemrograman C dengan bantuan *software* Arduino IDE. Pengecekan program dilakukan dengan verifikasi pada *software* Arduino IDE, jika tidak muncul peringatan, maka program sudah benar dan dapat dijalankan, namun jika terdapat peringatan, maka terdapat kesalahan dalam penulisan pemrograman. Program yang telah benar kemudian *diupload* untuk mengirim penulisan program ke mikrokontroler. Mikrokontroler menjalankan fungsi sesuai dengan penulisan program yang dibuat.

Pada rangkaian sistem kendali yang menjadi input sistem yaitu sensor inframerah dan yang menjadi output dari sistem kendali yaitu kipas. Sumber daya dari kipas dihubungkan ke sumber arus. Diagram alir pembuatan sistem kendali perangkat nyamuk dapat dilihat pada Gambar 2 dan diagram alir pemrograman dapat dilihat pada Gambar 3.

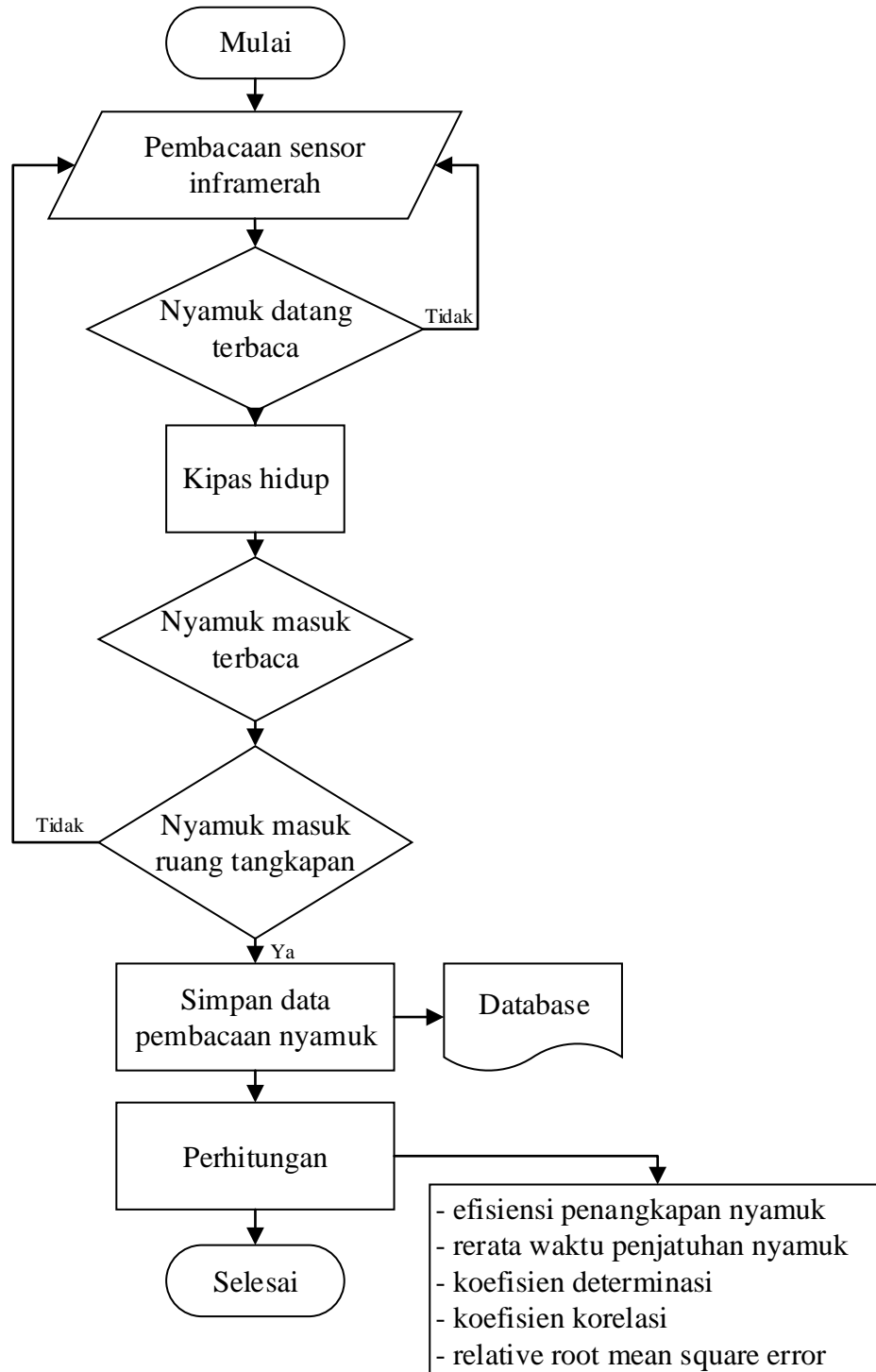
3.5.1. Kriteria Desain

Sistem kendali dirancang untuk bekerja secara kontinu mengendalikan perangkat nyamuk. Perangkat nyamuk otomatis ini memancing nyamuk yang bersembunyi untuk datang tanpa membuat nyamuk merasa terancam karena alat tidak bergerak. Sistem kendali ini mengendalikan aktuator berupa kipas. Saat alat dihidupkan maka lampu UV dan larutan campuran ragi dan gula akan memikat nyamuk untuk mendekat dan sensor inframerah akan mendeteksi nyamuk yang menyebabkan mikrokontroler mengaktifkan *relay* untuk menghidupkan kipas, sehingga nyamuk terdorong masuk ke dalam ruang tangkapan. Akurasi pendeteksian sensor pada benda berukuran 0,1 cm sebesar 53,34%, pada benda berukuran 0,3 cm sebesar 80% dan pada benda berukuran 0,5 cm sebesar 86,67%. Nilai eror pada alat

sebesar 10%. Jumlah nyamuk yang terperangkap sebanyak 184 ekor. Efektifitas penangkapan sebesar 70%. Perangkat nyamuk otomatis dapat mengendalikan nyamuk dengan efisiensi sebesar 80%.



Gambar 2. Diagram alir pembuatan sistem kendali perangkat nyamuk.



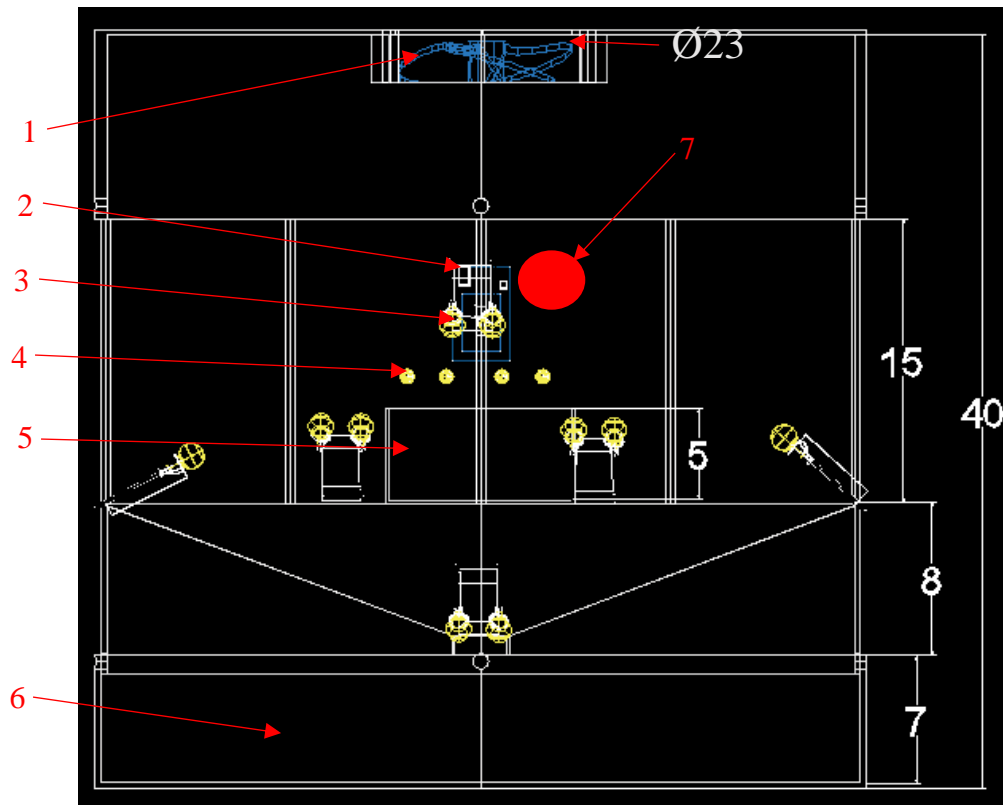
Gambar 3. Diagram alir pemrograman.

3.5.2. Rancangan Struktural

Proses perancangan terdiri dari beberapa tahap, yaitu desain bentuk alat, perakitan perangkat keras sistem kendali dan perakitan kerangka perangkat nyamuk. Pada perakitan perangkat keras sistem kendali, sensor dihubungkan dengan mikrokontroler. Sensor diletakkan pada perangkat di bagian atas tengah, atas kiri dan atas kanan, sehingga sensor dapat mendeteksi nyamuk yang datang ke dalam perangkat dan sensor diletakkan juga di bagian bawah menghadap ke bawah corong, sehingga mendeteksi nyamuk yang masuk ke dalam ruang tangkapan. Bagian perangkat nyamuk ini terdiri dari kerangka berbentuk tabung, ruang tangkapan, wadah atraktan, sensor inframerah. Bagian alat perangkat nyamuk ini dipasang berdasarkan rancangan desain dan fungsional.

Kerangka perangkat nyamuk dibuat dengan menggunakan plat besi berukuran tebal 3 mm dengan bentuk tabung. Kerangka perangkat nyamuk memiliki ukuran tinggi 40 cm dan diameter 40 cm, tinggi ruang tangkapan 15 cm. Tiang kerangka luar memiliki ukuran tinggi 15 cm dan tebal 3 mm. Bagian wadah atraktan berbentuk balok dengan ukuran 10 x 5 x 5 cm dengan ketebalan 1 mm dan bagian ruang tangkapan memiliki diameter 40 cm dengan tinggi 7 cm disertai corong yang memiliki diameter atas 40 cm dan diameter bawah 3 cm dengan tinggi 8 cm.

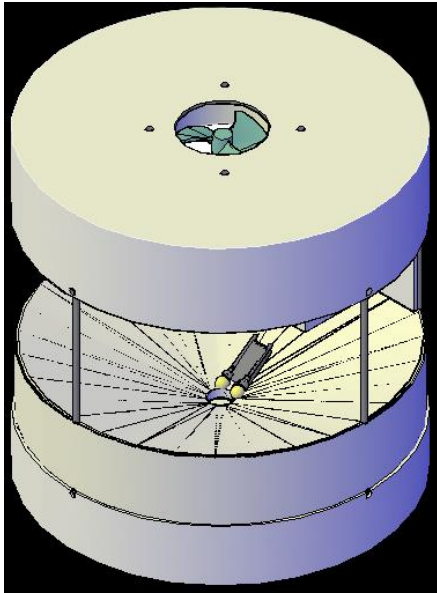
Mikrokontroler dihubungkan dengan sensor inframerah, *relay*, *real time clock*, LED dan *module micro SD card*. Aktuator yang digunakan yaitu kipas yang dihubungkan dengan *relay* dan *real time clock* yang kemudian dihubungkan ke sumber arus sebagai sumber daya. Desain rancangan perangkat nyamuk dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Lampiran (Gambar 48).



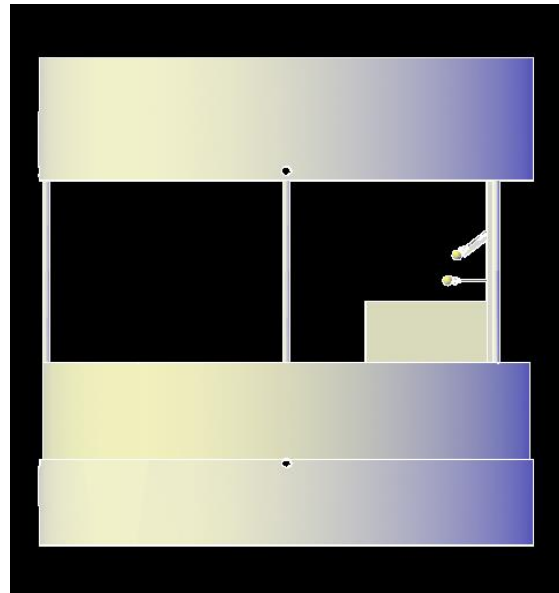
Keterangan :

- | | |
|---|--------------------|
| 1. Kipas 220 V | 4. LED UV |
| 2. Arduino (RTC, MMC, relay) | 5. Bak atraktan |
| 3. Sensor inframerah | 6. Ruang tangkapan |
| 7. Titik pengukuran kecepatan udara kipas | |

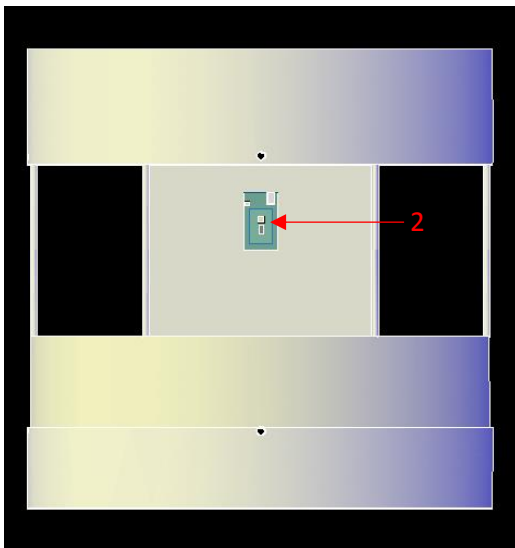
Gambar 4. Dimensi desain alat.



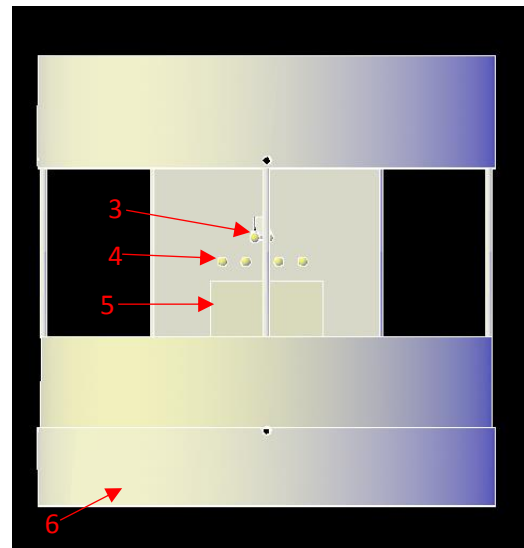
(A) Tampak isometri



(B) Tampak samping

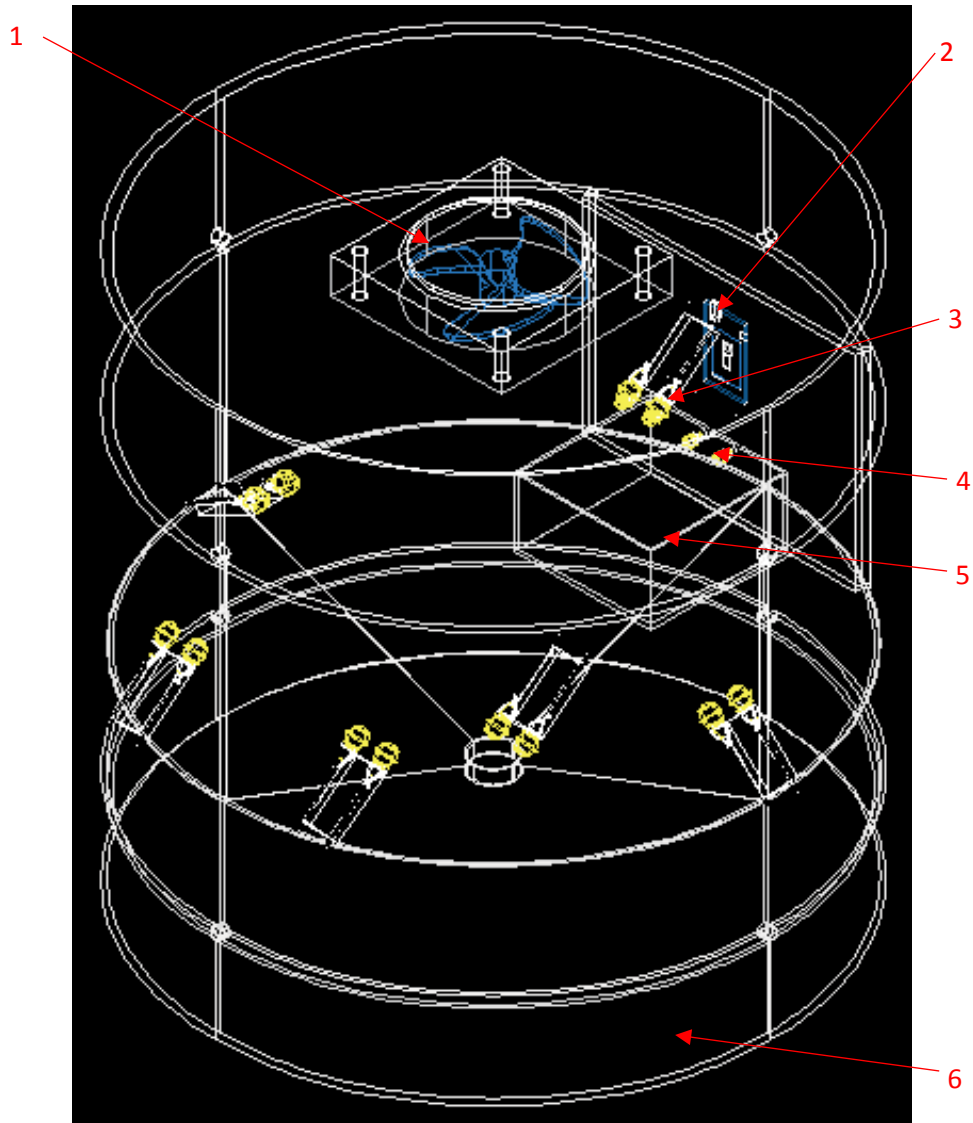


(C) Tampak belakang



(D) Tampak depan

Gambar 5. Desain 3D alat perangkap nyamuk.



Gambar 6. Desain 2D alat perangkap nyamuk.

3.5.3. Rancangan Fungsional

Perancangan sistem kendali ini berfungsi untuk mengendalikan secara otomatis perangkap nyamuk dengan cara memasang sensor inframerah dan aktuator kipas pada alat. Mikrokontroler memberikan perintah untuk menghidupkan kipas saat nyamuk terdeteksi oleh sensor inframerah. Alat ini memiliki beberapa komponen yaitu mikrokontroler Arduino, sensor inframerah, LED, *relay*, *module micro SD card*, dan *real time clock*.

a) Arduino Uno

Arduino uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 dan merupakan sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (*integrated circuit*) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih inti prosesor (CPU), memori (RAM dan ROM) serta perangkat *input* dan *output* yang dapat diprogram. Arduino memiliki 6 pin *output* PWM, 6 pin analog *input*, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *power jack*, ICSP *header*, tombol *reset*, operasi daya sebesar 5 V dan *input* daya sebesar 7 – 12 V. Bentuk Arduino uno dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Arduino uno.

b) Sensor Inframerah E18-D50NK

Sensor inframerah adalah komponen elektronika yang dapat mengidentifikasi cahaya inframerah. Sistem sensor inframerah pada dasarnya menggunakan inframerah sebagai media untuk komunikasi data antara *receiver* dan *transmitter*. Sistem akan bekerja jika sinar inframerah yang dipancarkan terhalang oleh suatu benda yang mengakibatkan sinar inframerah tersebut tidak dapat terdeteksi oleh penerima. Sensor inframerah yang digunakan adalah sensor inframerah tipe E18-D50NK. Sensor ini memiliki jarak deteksi yang panjang dan memiliki sensitifitas yang dapat diatur. Jarak deteksi dari sensor ini sebesar 3 cm sampai 80 cm

dengan tegangan input sebesar 5 V dan konsumsi arus sebesar 100 mA. Bentuk sensor inframerah dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Sensor inframerah.

c) *Relay*

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal (*electromechanical*) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanikal. *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. *Relay* yang digunakan merupakan *relay* tipe 5VDC-SL-C dengan tegangan *coil* DC 5 V, tahanan *coil* 60 – 70 ohm dan jumlah pin 5. Bentuk *relay* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. *Relay*.

d) *Module Micro SD Card*

Module micro sd merupakan modul untuk mengakses *micro SD* untuk pembacaan maupun penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka SPI (*serial*

parallel interface). *Module* ini berfungsi untuk media penyimpan data. *Module* yang digunakan membutuhkan tegangan operasi sebesar 5 V, arus operasional sebesar 80 mA dan terdapat 6 *interface module* berupa GND, VCC, MISO, MOSI, SCK dan CS. Bentuk *module micro SD card* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. *Module micro SD card*.

e) *Real Time Clock*

Real time clock adalah salah satu jenis *module* yang dimana berfungsi sebagai *real time clock* atau pewaktuan digital serta penambahan fitur pengukur suhu yang dikemas ke dalam 1 *module*. *Real time clock* adalah *chip IC* yang mempunyai fungsi menghitung waktu yang dimulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, hingga tahun dengan akurat. *Real time clock* yang digunakan berupa tipe DS3231 dengan tegangan sebesar 3,3 – 5,5 V, 2 pin SDA dan SCL, 2 pin *power* berupa VCC dan GND. Bentuk *real time clock* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. *Real time clock*.

3.6. Deskripsi Umum Sistem

Pada penelitian ini, sistem Alat Perangkap Nyamuk Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan Sensor Inframerah terdiri dari lampu LED UV dan larutan campuran ragi, gula dan air untuk memikat nyamuk. Kemudian sensor inframerah yang terhubung dengan kipas yang dilengkapi dengan mikrokontroler/Arduino berfungsi untuk mendorong nyamuk ke dalam penampungan wadah dengan kipas saat nyamuk terdeteksi sensor inframerah pada alat perangkap nyamuk.

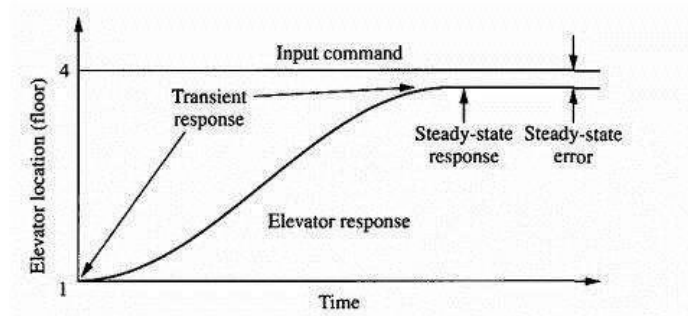
3.7. Pengujian

Uji teknis alat perangkap nyamuk otomatis dilakukan pada ruangan dengan intensitas cahaya yang tidak terlalu tinggi yaitu penggunaan lampu TL dengan pencahayaan sebesar 120 lux pada ruangan yang berukuran 4 x 4 m. Pengujian alat yang dilakukan berupa analisis sensitifitas sensor dan kecepatan respon dari aktuator pada sistem kendali. Analisisnya berupa nilai respon sistem dan akurasi sensor.

3.7.1. Respon Sistem

Respon sistem menunjukkan kecepatan kinerja alat terhadap adanya gangguan dan waktu. Respon sistem terdiri dari dua, yaitu respon *transient* dan respon *steady state*. Respon *transient* digunakan untuk mengukur waktu saat sistem pertama kali digunakan hingga mencapai *steady state*. Respon *steady state* digunakan untuk mengukur waktu saat sistem sudah berada pada keadaan stabil hingga

waktu tidak terhingga (Prasetyo, 2017). Grafik respon sistem dapat dilihat pada Gambar 12.

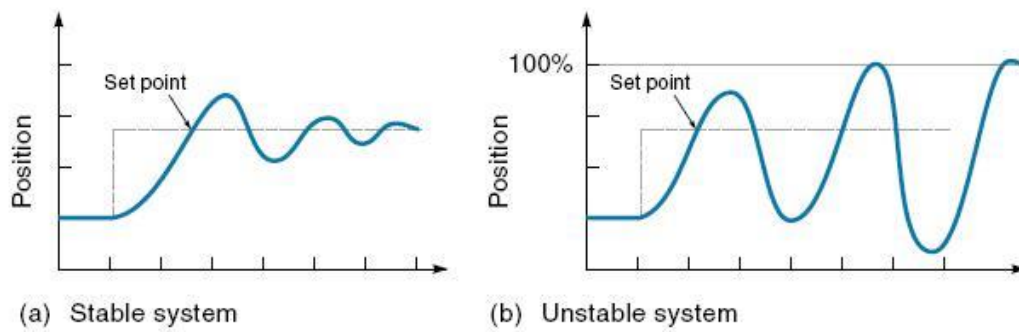


Gambar 12. Grafik respon sistem kendali.

3.7.2. Stabilitas

Sistem kendali yang stabil adalah sistem dimana variabel yang dikendalikan selalu berada atau mendekati nilai set point. Sistem kendali yang tidak stabil, adalah suatu sistem yang karena kondisi tertentu menyebabkan variabel yang dikendalikan bergeser dari nilai set point atau berubah menjadi proses osilasi yang semakin membesar sehingga membuat sistem mencapai keadaan jenuh.

Kestabilan pada sistem kendali sangat penting karena jika pembacaan sensor inframerah menyimpang dan tidak stabil maka penangkapan nyamuk yang dilakukan tidak efektif. Grafik kondisi stabil dan kondisi tidak stabil dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik sistem stabil dan tidak stabil.

3.7.3. Efisiensi Penangkapan Nyamuk

Efisiensi penangkapan berarti pengamatan keakurasian penangkapan nyamuk yang dilakukan dengan menghitung nyamuk yang datang pada alat perangkap dan jumlah nyamuk yang mati dihitung secara manual. Data yang didapat diolah menggunakan *Microsoft Excel* dan ditampilkan dalam bentuk tabel. Cara perhitungannya dengan persamaan (1)

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

Keterangan :

Ep = Efisiensi Penangkapan (%)

Si = Nyamuk datang

So = Nyamuk masuk

3.7.4. Rerata Waktu Penjatuhan Nyamuk

Rerata waktu penjatuhan nyamuk menunjukkan kecepatan kinerja alat untuk mengendalikan nyamuk sehingga jatuh ke dalam ruang tangkapan. Data diambil dengan cara mengukur waktu nyamuk datang serta waktu kipas menyala. Pada pengamatan data nyamuk yang terdeteksi sensor inframerah akan terekam pada

micro SD. Data waktu nyamuk datang dan data waktu kipas menyala digunakan untuk menghitung waktu rata-rata kecepatan nyamuk jatuh. Cara perhitungannya dengan persamaan (2)

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

Keterangan :

RWP = Rerata waktu penjatuhan nyamuk (menit)

Aon i = Aktuator hidup ke-i (menit)

Delay = Waktu tunggu (menit)

n = jumlah data

3.8. Analisis Data

Pada penelitian ini data nyamuk akan terekam dan tersimpan ke dalam *micro SD*.

Nyamuk yang terperangkap dalam ruang tangkapan akan dilihat dan dihitung setiap hari. Hasil data akan disajikan dalam bentuk tabel dan mengacu pada pengukuran sensitifitas alat, koefisien determinasi, koefisien kolerasi, kecepatan penjatuhan dan efektifitas penangkapan.

3.8.1. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengukur seberapa besar kemampuan *variable* bebas dalam menerangkan *variable* terikat. Nilai koefisien determinasi terbesar adalah 1 dan terkecil adalah 0. Nilai koefisien determinasi dianggap baik apabila $R^2 = 1$ dan garis regresi tidak dapat digunakan apabila $R^2 = 0$. Nilai R^2 dapat dicari dengan membuat grafik *scatter* nilai observasi *versus* nilai prediksi pada *Microsoft Excel* (Prasetyo, 2017).

3.8.2. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi adalah pengukuran statistik kovarian antara dua *variable*.

Besar koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua *variable* mempunyai hubungan searah. Searah berarti jika nilai X tinggi, maka Y akan tinggi pula. Jika koefisien korelasi negatif, maka kedua *variable* mempunyai hubungan terbalik. Terbalik berarti jika nilai X tinggi, maka Y akan rendah. Tingkat hubungan koefisien korelasi sangat rendah jika nilai korelasi sebesar 0,00 – 0,199. Tingkat hubungan koefisien korelasi rendah jika nilai korelasi sebesar 0,20 – 0,399. Tingkat hubungan koefisien korelasi sedang jika nilai korelasi sebesar 0,40 – 0,599. Tingkat hubungan koefisien korelasi kuat jika nilai korelasi sebesar 0,60 – 0,799. Tingkat hubungan koefisien korelasi sangat kuat jika nilai korelasi sebesar 0,80 – 1 (Prasetyo, 2017). Rumus koefisien korelasi dengan persamaan (3)

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

Keterangan :

R = koefisien korelasi

x = nilai data x

\bar{x} = rata-rata nilai x

y = nilai data y

\bar{y} = rata-rata nilai y

3.8.3. *Relative Root Mean Square Error*

Relative root mean square error (RRMSE) adalah metode untuk mengetahui besarnya kesalahan pendugaan dari model yang dikembangkan. RRMSE digunakan untuk mengetahui ketidak akurasian suatu pengukuran yang dinyatakan dalam persen (%). Nilai *error* sangat kecil jika nilai RRMSE <10%. Nilai *error* kecil jika nilai RRMSE 10% - 20%. Nilai *error* besar jika nilai RRMSE 20% - 30%. Nilai *error* sangat besar jika nilai RRMSE > 30%. Rumus perhitungan RRMSE dengan persamaan (4) (Walton, 2018).

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

Keterangan ;

RRMSE = *Relative Root Mean Square Error*

n = jumlah data

S_i = nilai nyamuk datang ke-i

S_o = nilai nyamuk masuk ke-i

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Perangkap nyamuk otomatis telah dirancang berdasarkan rancangan struktural dan fungsional. Simpulan dari penelitian ini yaitu :

- 1) Hasil rancangan perangkap nyamuk otomatis berbentuk tabung. Perangkap nyamuk otomatis memiliki komponen seperti sensor E18-D50NK, kipas dan lampu. Kerangka perangkap nyamuk memiliki ukuran tinggi total 40 cm, tinggi ruang tangkap 15 cm dan diameter ruang tangkap 40 cm. Bagian wadah atraktan berbentuk balok dengan ukuran 10 x 5 x 5 cm. Pada bagian bawah berbentuk corong dengan diameter sebesar 40 cm dan tinggi 8 cm.
- 2) Hasil dari proses kalibrasi dan validasi sensor E18-D50NK sebagai berikut :
 - a. Efisiensi pembacaan sensor pada benda dengan ukuran 0,1 cm sebesar 53,34%, dengan ukuran 0,3 cm sebesar 80%, dan dengan ukuran 0,5 cm sebesar 86,67%.
 - b. Kecepatan respon pembacaan sensor untuk benda berukuran 0,1 cm sebesar 0,58 detik.
 - c. Kecepatan respon pembacaan sensor untuk benda berukuran 0,3 cm sebesar 0,54 detik.
 - d. Kecepatan respon pembacaan sensor untuk benda berukuran 0,5 cm sebesar 0,5 detik.

- 3) Hasil dari pengamatan yang didapatkan menunjukkan bahwa terdapat 184 ekor nyamuk yang terperangkap selama 24 hari pada alat perangkap nyamuk otomatis.
- 4) Hasil pengujian alat perangkap nyamuk otomatis menunjukkan bahwa :
 - a. Rerata waktu penjatuhan nyamuk sebesar 3,55 detik.
 - b. Stabilitas alat menghasilkan kinerja yang cukup stabil.
 - c. Efektifitas penangkapan nyamuk pada alat sebesar 63,74%.

5.2. Saran

Saran yang didapat untuk perbaikan alat sebagai berikut:

- 1) Penambahan sensor inframerah agar pendeteksian nyamuk lebih akurat.
- 2) Melakukan pengujian alat menggunakan kipas dorong yang tekanannya lebih kuat.
- 3) Perubahan ukuran alat dengan tinggi sebesar 30 cm dan diameter sebesar 20 cm sehingga tidak terlalu memenuhi ruangan saat alat digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Artanto, D. 2009. *Merakit PLC dengan Mikrokontroler*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Buckle, K.A. 1987. *Ilmu Pangan*. UI Press. Jakarta.
- Cancrini, G. 2018. *Development of a More Effective Mosquito Trapping Box for Vector Control*. *The Scientific World Journal* 2018(3), 1-8.
- Devkota, B., Seung, J. and Kim, H.J. 2014. *A Research for an eco friendly Mosquito Control by Using a New Mosquito Trap in a Cowshed in Yeosu of Korea*. *Hoonbok Yi* 18(4), 282-290.
- Endang, A.P. dan Nusa, R. 2011. *Efektivitas Alat Perangkap (Trapping) Nyamuk Vektor Demam Berdarah Dengue Dengan Fermentasi Gula*. *Jurnal aspirator* 3(1), 41-48.
- Grandahusada, S. 2002. *Parasitologi Kedokteran*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Gunterus, F. 1994. *Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Jia, H. 2008. *MIT Bottle (Mosquito in Trap Bottle)*.
http://tw.class.uschoolnet.com/class/?csid=css000000001173&id=model7&cl=1124673157-7108-3766&mode=con&m7k=1210753467-4982-7129&_ulinktreeid (diakses tanggal 10 januari 2021).
- Kardec, A., Bastos, L., Lima, J.B.P. 2017. *MosqTent: An Individual Portable Protective Double Chamber Mosquito Trap for Anthropophilic Mosquitoes*. *Plos Neglected Tropical Diseases* 11(3).
- Kho, D. 2014. *Pengertian LED (Light Emitting Diode) dan Cara Kerjanya*. Erlangga. Jakarta.
- Kumar, A., Siddique, N.A., Tian, B. and Wong, E. 2013. *Design of a Fiber Optic Sensing Mosquito Trap*. *IEEE Sensors Journal* 13(11), 4423-4431.

- Kurniati, A. 2005. *Efektifitas Fermentasi Gula sebagai Atraktan Nyamuk*. USU. Medan.
- Malik, I.A. 1997. *Bereksperimen Dengan Mikrokontroler*. PT Elex Media. Jakarta.
- Nurahayati, A dan Sayono, S. 2015. *Efektifitas Kotak Perangkap Nyamuk Dalam Pengendalian Nyamuk Aedes aegypti*. Jurnal Kesehatan masyarakat 10(2).
- Peck, W.G., Llanos, F.C., Sifuentes, V.M.L., Vasquez, G.M. and Lindroth, E. 2018. *Comparative Analysis of Mosquito Trap Counts In the Peruvian Amazon: Effect of Trap Type and Other Covariates on Counts and Diversity*. *Journal of American Mosquito Control Association* 34(4).
- Prasetyo, B.D. 2017. *Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis pH Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Mikrokontroler*. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung: 70.
- Pratiwi, S.T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. UGM. Yogyakarta.
- Rosanti, T.I., Mardihusodo, J. and Artama, W.T. 2017. *Effectiveness of Environmentally Friendly Mosquito Trap Contained Sugar Yeast Solution*. *Jurnal Kemas* 12(2).
- Sucipto, C.D. dan Kuswandi, K. 2016. *Efektivitas Perangkap Nyamuk Kasa Apung Sebagai Perangkap Nyamuk Aedes Aegypti di Wilayah Endemis DBD Kota Tangerang*. *Jurnal Medikes* 3(2).
- Sugiarti. 2013. *Mengenal Mikrokontroler*. PT Angkasa. Bandung.
- Sulaiman. 2012. *Dasar Elektronika*. PT Andi Publisher. Jakarta.
- Susilo, A. 2009. *Sistem Sensor Infra Merah*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Walton, R. 2018. *Research Methodology MSC Course Validating Of Models*. URL <http://slideplayer.com/slide/12572574/> (accessed 7.20.19).
- Wardhana. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi Hardware dan Aplikasi*. Andi. Yogyakarta.
- Widodo. 2000. *Interfacing Komputer dan Mikrokontroler*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- William, D.C. 1993. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Erlangga. Jakarta.
- Yalun. 2008. *Mengenal Ragi Saccharomyces cerevisiae*. Erlangga. Jakarta.