

# Alat Penyemprot Otomatis pada Tanaman Kopi di daerah Bener Meriah berbasis IoT

Rinaldi Akbar G<sup>1</sup>, Misbahul Jannah<sup>2</sup>, Taufiq<sup>3</sup>

Program Studi Teknologi Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Email: rinaldi.190150036@mhs.unimal.ac.id, mjannah@unimal.ac.id, taufiq.te@unimal.ac.id

## ABSTRAK

Kegiatan penyemprotan di bidang pertanian sangat penting dalam memaksimalkan hasil produksi panen. Salah satunya adalah penyemprotan herbisida yang bertujuan untuk membasmi tumbuhan gulma yang dapat mengurangi kuantitas hasil panen tanaman kopi, karena gulma bersaing dengan tanaman kopi dalam hal air, nutrisi, dan cahaya. Kegiatan penyemprotan ini menimbulkan beberapa permasalahan, seperti kelelahan petani akibat harus menggondong tangki sprayer yang berat, risiko paparan herbisida, kecepatan gerak penyemprotan yang tidak konstan, dan penggunaan herbisida yang berlebihan akibat penyemprotan berulang. Teknologi di bidang pertanian terus berkembang, termasuk inovasi alat yang dapat mengurangi peran petani dan dampak negatif yang ditimbulkan. Untuk merancang dan membangun alat penyemprot otomatis guna meningkatkan efisiensi penggunaan herbisida di perkebunan kopi, diperlukan beberapa tahap, yaitu perancangan mekanik, elektronik, dan program. Alat ini menggunakan baterai 12 V dengan kapasitas 7,2 A dan mampu menyemprotkan herbisida dengan lebar semprotan 3,9 m. Alat ini digerakkan oleh dua motor DC dan berjalan menggunakan rel lintasan sepanjang 2,4 m. Pada implementasinya, alat penyemprot herbisida otomatis ini dapat menghasilkan debit penyemprotan 90 ml/s atau 5,4 LPM atau 324 LPH dengan konsumsi daya 3,12 Watt atau 0,00312 KWH yang dikontrol oleh mikrokontroler ESP32. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa volume air yang diperlukan untuk 1 hektar adalah 450 liter, yang dibagi ke dalam tangki berkapasitas 16 liter, sehingga membutuhkan 28 tangki per hektar dengan dosis 4 liter per hektar. Konsentrasi herbisida yang digunakan adalah 128 ml per tangki, yang efektif mengatasi gulma dalam waktu kurang dari 5 hari.

Kata kunci: alat penyemprot, herbisida, gulma, iot, teknologi

Penulis koresponden : Rinaldi Akbar G

Tanggal terbit : 15 Mei 2024

Tautan : <https://jurnal.transdi.or.id/index.php/td/issue/view/1>

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan alam yang melimpah hal itu dibuktikan oleh sumber daya alamnya. Dengan bentang daratan yang luas, kekayaan laut yang melimpah ruah, dan berbagai kekayaan alam lainnya. Oleh karena itu, Indonesia disebut dengan negara agraris karena memiliki daerah pertanian yang cukup luas[1]. Berbagai jenis hasil pertanian terbesar di Indonesia seperti kelapa sawit, karet, kakao, kopi, kelapa, tembakau, padi, cabai, bawang, dan teh. Salah satu hasil komoditi pertanian terbesar tersebut adalah kopi dan Indonesia adalah produsen kopi terbesar ke-4 didunia[2].

Sebagai salah satu produsen kopi terbesar dunia, Indonesia juga menjadi eksportir kopi papan atas di pasar internasional. Menurut laporan Statistik Indonesia 2023 dari Badan Pusat Statistik (BPS), sepanjang 2022 Indonesia mengeksport kopi seberat 434,19 ribu ton, meningkat 12,92% dari tahun sebelumnya. Negara penerima ekspor kopi terbesar dari Indonesia di antaranya Amerika Serikat(AS), Mesir, Jerman, Malaysia, Italia dan negara lainnya[3]. Komoditas kopi memiliki peran yang cukup penting bagi perekonomian Indonesia terutama petani kopi Indonesia, serta bagi negara sebagai salah satu sumber devisa, penghasil bahan baku industri, penyedia lapangan pekerjaan dari budidaya, pengolahan, sampai pemasaran. Industri kopi di Indonesia dapat dikatakan sedang menggeliat karena kopi saat ini sudah menjadi sebuah tren dan gaya hidup[4].

Kualitas kopi yang tinggi adalah faktor kunci dalam mempertahankan peran penting komoditas hasil pertanian kopi di pasar lokal maupun pasar global. Kesuburan tanaman kopi harus selalu dijaga agar produksi kopi tetap optimal, karena tanaman kopi yang sehat dan subur akan menghasilkan biji kopi berkualitas. Perlunya pemeliharaan tanaman kopi yang baik sangat penting dilakukan seperti penyiraman, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, pemangkasan, penjagaan gulma, dan pemeliharaan struktur pendukung[5].

Salah satu bentuk pemeliharaan tanaman kopi yang harus dilakukan secara rutin adalah pengendalian terhadap gulma. Pemeliharaan rutin ini tujuannya agar tanaman kopi terhindar dari penyakit juga gulma disekitar tanaman kopi karena gulma yang dapat bersaing dengan tanaman kopi dalam hal nutrisi, air, dan cahaya.

Bentuk dari pengendalian gulma pada budidaya kopi dapat dilakukan dengan cara fisik, mekanis, biologis dan kimiawi. Pengendalian secara fisik yaitu dengan mencabut gulma tanpa menggunakan alat bantu. Pengendalian secara mekanis dengan menggunakan alat bantu seperti cangkul, celurit, mesin pemotong rumput

dan alat sejenisnya. Pengendalian gulma secara biologi dilakukan dengan menanam tumbuhan rindang di antara tanaman kopi yang akan membantu menghambat gulma. Pengendalian gulma secara kimiawi, ialah pengendalian gulma dengan menggunakan bahan kimiawi yang dapat menekan dan mematikan gulma[6].

Di antara semua teknik pengendalian yang ada, pengendalian secara kimiawi merupakan pengendalian yang paling tepat karena tingkat efisiensi dan efektivitas yang tinggi serta mempercepat pembasmian secara luas. Pengendalian kimiawi ini menggunakan senyawa zat kimia berupa herbisida yang selektif untuk menghambat dan mematikan pertumbuhan gulma tanpa mematikan tanaman yang dibudidayakan. Selektivitas herbisida dipengaruhi oleh jenis gulma, waktu pemakaian, jenis herbisida, dosis dan konsentrasi herbisida, volume semprot dan ukuran butiran semprot[7].

Herbisida merupakan senyawa kimia yang dapat menekan pertumbuhan gulma serta mampu mematikan gulma. Herbisida dengan kandungan glifosat merupakan herbisida yang umum digunakan untuk mengendalikan gulma di perkebunan. Herbisida glifosat bersifat sistemik dan non-selektif yang cepat terserap melalui jaringan tanaman dan ditranslokasikan ke titik tumbuh tanaman untuk menghambat sintesis protein. Cara kerja glifosat dengan menghambat sintesis asam amino aromatik melalui penghambatan enzim EPSPS (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase)[8]. Hal ini mengakibatkan gangguan dalam produksi asam amino esensial, seperti tirozin, fenilalanin, dan triptofan, yang menyebabkan kematian sel tumbuhan. Dengan menghambat enzim tersebut, glifosat mengganggu jalur metabolisme yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan gulma serta tanaman yang tidak diinginkan. Proses ini menyebabkan kematian sel-sel tumbuhan target, sehingga glifosat efektif dalam membunuh gulma dan tanaman invasif lainnya.

Umumnya dalam penyemprotan herbisida tersebut menggunakan semprotan konvensional atau knapsack sprayer dengan cara sistem gendong. Sehingga dalam kegiatan penyemprotan herbisida ini dapat menyebabkan beberapa permasalahan di antaranya kegiatan menyemprot ini cukup melelahkan karena membutuhkan tenaga ekstra untuk menggendong semprotan dengan bobot 16 liter. Untuk penyemprotan pada lahan yang luas maka para petani harus mengisi ulang tangki hingga beberapa kali sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama. Selain itu juga, hasil semprotan kurang merata dan mungkin terjadi penyemprotan berulang sehingga kurang efektif. Masalah lain yang dapat ditimbulkan juga seperti dapat mengganggu kesehatan petani akibat dari paparan semprotan bahan kimia yang dihasilkan atau berat dari bobot tanki karena faktor usia petani.

Kopi merupakan tanaman yang dapat tumbuh di dataran rendah dan dataran tinggi. Ketinggian minimum untuk menanam kopi adalah 500 meter di atas permukaan laut (mdpl), dan ketinggian maksimum di mana kopi masih bisa tumbuh dan berbuah dengan baik adalah 2000 mdpl. Terdapat dua jenis kopi yang paling banyak ditanam di Indonesia, yaitu Robusta dan Arabika. Robusta merupakan jenis kopi pada iklim panas, sehingga bisa ditanam di dataran yang lebih rendah, sedangkan dengan kopi Arabika terdapat pada dataran yang lebih tinggi, suhu penanaman berkisar antara 14-24°C. Salah satu jenis kopi yang paling banyak disukai yaitu kopi gayo menghasilkan sebagian besar jenis kopi Arabika terbaik. Cita rasa kopi gayo sendiri terasa tidak terlalu pahit dan memiliki aroma yang harum. Kandungan kafein pada kopi arabika juga tergolong lebih rendah. Tak heran harganya juga jauh lebih mahal dibanding jenis kopi lain.

Pada perkebunan kopi tidak terlepas dari serangan tumbuhan gulma yang dapat tumbuh dimana saja terutama diantara celah-celah kopi atau barisan tanaman kopi. Gulma merupakan tumbuhan yang mengganggu pertumbuhan tanaman budidaya dan merugikan kepentingan manusia baik dari segi ekonomi, ekologis, kesehatan maupun estetika.

Kehadiran gulma selama proses budidaya tidak selalu berkonotasi dengan kemampuan gulma berkompetisi dengan tanaman dalam memperebutkan sarana tumbuh, seperti hara, air, cahaya, maupun ruang tumbuh, tetapi gulma juga dapat merugikan petani. Gulma yang dominan pada tanaman kopi antara lain alang-alang (*Imperata cylindrica*), grinting (*Cynodon dactylon*), *Ottlochloa nodosa* dari golongan rumput-rumputan, *Cyperus rotundus*, *Cyperus kyllingia* dari golongan teki, dan *Mikania micrantha* dari golongan berdaun lebar[9].

Untuk itu, diperlukannya suatu bentuk pengendalian berupa menggunakan metode penyemprotan herbisida. Herbisida adalah salah satu jenis dari pestisida. Herbisida merupakan salah satu bahan kimia yang sering digunakan untuk mematikan tanaman pengganggu. Senyawa atau material yang disebarkan pada lahan pertanian untuk menekan atau memberantas gulma pengganggu tanaman utama yang menyebabkan penurunan hasil pertanian, munculnya suatu jenis gulma disekitar area tanaman budidaya dapat dikendalikan dengan menggunakan bahan kimia yang dinamakan herbisida. Dalam mengendalikan gulma diperlukan cara yang tepat untuk memberantas gulma-gulma yang tumbuh di daerah pertanian[6].

Glifosat adalah salah satu jenis bahan aktif herbisida yang sangat sering digunakan dibandingkan bahan aktif lainnya dan digunakan secara luas dalam bidang pertanian karena efisiensi dan efektivitasnya. Glifosat termasuk herbisida non selektif, yang artinya mengendalikan secara luas semua jenis gulma. Herbisida tersebut

diabsorpsi lewat daun, dan tidak aktif bila diaplikasikan lewat tanah. Translokasi glifosat terjadi ke seluruh bagian tumbuhan termasuk bagian tumbuhan yang ada di dalam tanah karena glifosat merupakan herbisida sistemik[10]. Terdapat beberapa faktor yang menentukan keberhasilan efikasi dari herbisida ini dengan maksimal diantaranya jenis herbisida yang sesuai dengan jenis gulma, dosis atau konsentrasi herbisida dan air, volume semprotan serta waktu pemakaian.

Penelitian ini berfokus dalam bentuk usaha pengendalian gulma agar lebih efisien dan mengurangi dampak yang ditimbulkan. Oleh karena itu alat ini dirancang untuk memperoleh manfaat yang diharapkan yaitu Mengurangi dampak yang membahayakan kesehatan petani dari paparan semprotan bahan kimia yang berpotensi memberikan efek negatif kepada manusia, Meningkatkan efisiensi penggunaan herbisida karena dapat meminimalkan kelebihan penyemprotan atau mengurangi penyemprotan berulang, Mengurangi kerja secara manual dan waktu yang diperlukan karena dalam penyemprotan manual petani membutuhkan tenaga ekstra, dan Meningkatkan kuantitas hasil tanaman kopi karena gulma lebih terkendali sehingga produktivitas tanaman kopi lebih optimal.

Alat ini mengembangkan dari penelitian sebelumnya yang berjudul “Desain dan pengembangan robot penyemprot pupuk dan pestisida untuk pertanian tahun 2021”[11]. yaitu menggunakan rel untuk mempercepat pada setiap jalur tanaman, memodifikasi nozel dari alat sebelumnya yang lebih mudah dikontrol, menggunakan motor untuk penggerakannya agar mengurangi tenaga secara manual, mengubah jalur diatas tumbuhan yang disemprot agar mudah dalam melewati rintangan dan mempercepat waktu penyemprotan, serta dapat dikontrol dari jarak jauh.

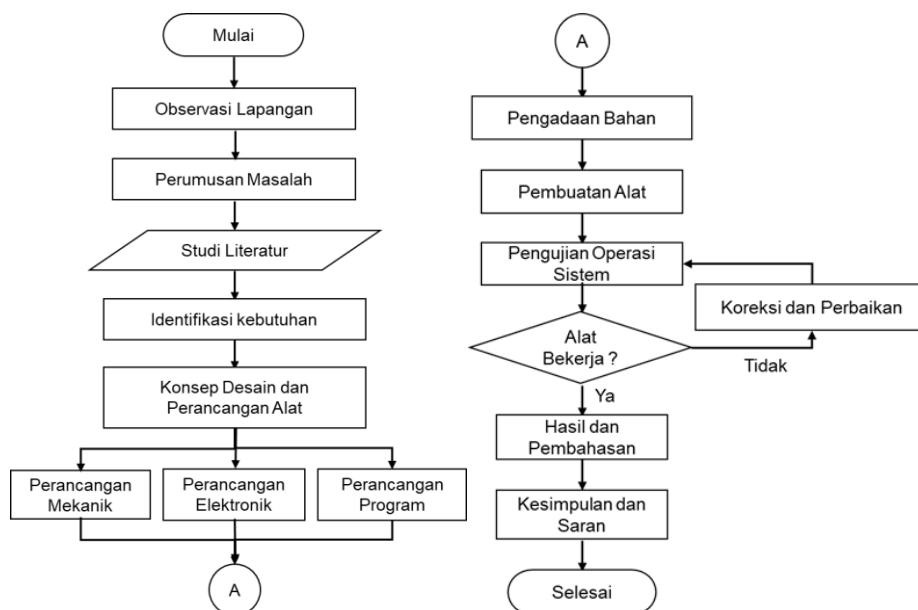
Sistem kerja alat penyemprot ini yaitu cairan herbisida akan dipompa oleh mesin pompa air 12V DC yang menghasilkan tekanan 320 Psi yang akan disalurkan ke stick sprayer yang memiliki 5 buah nozzle yang berjarak 25 cm antara masing-masing nozzle. Sprayer akan digerakan oleh motor dengan kecepatan yang dikontrol dengan potensio yang akan menggerakkan belt dan semprotan akan mengikuti rel yang telah disediakan. Sprayer dan Motor dapat dikontrol secara otomatis maupun manual oleh IoT (*Internet of Things*) dari jarak jauh dengan sistem bolak balik secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik dan prinsip dari modul relay. Kontroler melalui aplikasi blynk di smartphone yang dikoneksikan melalui hotspot dan wifi yang terdapat pada mikrokontroler esp32.

Selain itu, penelitian ini dibatasi oleh beberapa variabel-variabel diantaranya: Hanya membahas alat penyemprot herbisida pada perkebunan kopi, Penelitian ini hanya membahas mengatasi gulma menggunakan alat penyemprot herbisida, Hanya merancang alat penyemprot semi otonom, Pengaplikasian alat ini hanya untuk perkebunan kopi pada lahan datar dengan sistem tanam pagar

## 2. METODELOGI

### 1. Metode penelitian

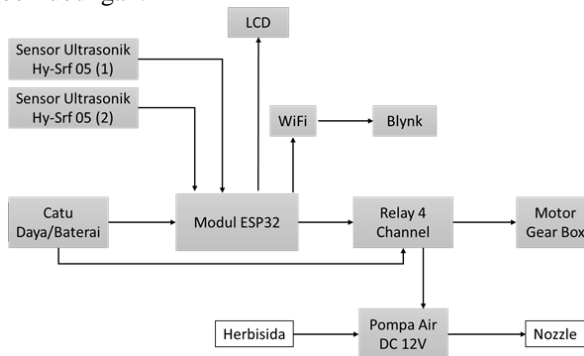
Alur penelitian berbentuk flowchart yang menunjukkan proses penelitian dimulai dengan dari proses perancangan hingga hasil yang diperoleh setelah pengimplementasian.



Gambar 1. Flowchart penelitian

2. Perancangan Sistem

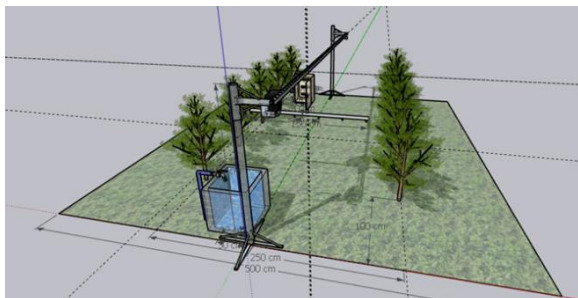
Pada langkah awal perancangan alat penyemprot herbisida pada perkebunan kopi ini adalah membuat blok diagram yang merupakan gambaran dasar untuk merancang dan akhirnya membuat suatu sistem atau alat yang akan dibuat, sehingga keseluruhan diagram rangkaian tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan atau dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Perancangan sistem ini terdiri dari perangkat keras yang aktivitasnya dikendalikan oleh perangkat lunak sehingga semua sistem dapat saling berhubungan.



Gambar 2. Block Diagram

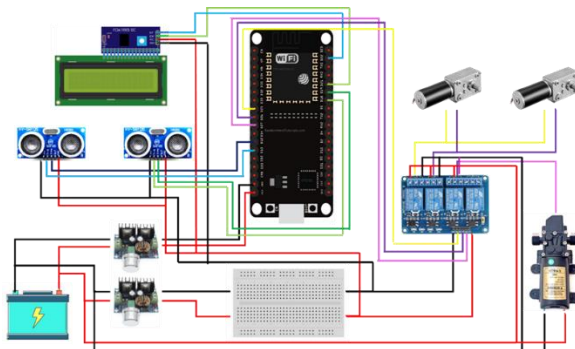
Perancangan alat penyemprot herbisida ini dibagi menjadi 3 bentuk perancangan yaitu : perancangan mekanik, perancangan elektronik dan perancangan program yang diuraikan sebagai berikut :

- Pada perancangan mekanik ini dilakukan dengan bantuan Software SketchUp.



Gambar 3. Design 3D dalam Software SketchUp

- Pada perancangan elektronik ini dilakukan dengan bantuan Software Fritzing.



Gambar 4. Rangkaian Hardware Kontrol Keseluruhan

- Pada perancangan ini dilakukan dengan bantuan Software Arduino IDE versi 2.2.1 untuk proses pembuatan program yang kemudian program di *upload* ke Mikrokontroler ESP32.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Perancangan

Hasil perancangan sistem yang telah dirancang sebelumnya diuraikan menjadi perancangan mekanik, perancangan elektronik dan perancangan program.

- Hasil perancangan mekanik ini merupakan bentuk yang sebelumnya telah di design melalui software SketchUp.



Gambar 5. Hasil perancangan mekanik

- Hasil perancangan elektronik ini merupakan bentuk yang sebelumnya telah di design melalui software Fritzing.



Gambar 6. Hasil rangkaian hardware kontrol keseluruhan

- Hasil perancangan program ini menggunakan software Arduino IDE versi 2.2.1 yang menggunakan bahasa C++.



Gambar 7. Hasil perancangan program

#### 3.2 Pembahasan

Terlebih dahulu melakukan pengujian untuk mengetahui kinerja terhadap alat penyemprot. Hasil pengujian sistem ini akan menjadi data perbandingan. Untuk mengumpulkan data dari masing-masing komponen memerlukan beberapa alat ukur seperti Multimeter, Stopwatch, Meteran, Gelas Ukur, dan

Busur. Hasil pengukuran tegangan pada baterai sebesar 12V dan pada modul stepdown menjadi 5V. Hasil pengukuran kecepatan motor diperoleh data dalam jarak 2,4 meter hanya membutuhkan 3 detik yang berarti memiliki kecepatan 0,8 m/s sehingga jarak tempuh 48 meter per menitnya. Hasil pengukuran sprayer sebanyak 450 ml selama 5 detik dengan ketinggian stick nozzle 110 cm dari permukaan tanah dan sudut nozzle 75° serta lebar bidang penyemprotan 2,7 meter. Selanjutnya menghitung dan menganalisa berdasarkan data yang telah diperoleh setelah melakukan pengujian.

- Perhitungan Debit Penyemprotan

Kecepatan kerja penyemprotan yang tepat penting untuk memastikan penyebaran yang merata dan efisien dari bahan kimia atau larutan yang disemprotkan. Jika kecepatan terlalu cepat, semprotan mungkin tidak mencakup seluruh area dengan baik dan bahan kimia tidak merata. Di sisi lain, jika kecepatan terlalu lambat, semprotan mungkin terlalu berlebihan pada area tertentu dan mengakibatkan pemborosan bahan kimia. Berdasarkan pengujian Sprayer pump yang bekerja dalam 5 detik mengeluarkan herbisida sebanyak 450 ml dapat dihitung menggunakan rumus (1) :

$Q \text{ (Debit semprotan)} = V \text{ (Volume)} / t \text{ (Waktu)}$	(1)
$= 450 \text{ ml} / 5 \text{ s}$	
$= 90 \text{ ml} / \text{s}$	

Dikonversi :

Jika 1 menit : 60 s x 90 ml = 5.400 ml/s atau 5,4 Liter / menit

Jika 1 jam : 60 menit x 5,4 L = 324 Liter / Jam

- Perhitungan Penggunaan Daya

Daya penggunaan dari alat penyemprot otomatis ini perlu diperhitungkan untuk mengetahui konsumsi daya listrik dan menghindari dari pemborosan daya. Berdasarkan pengukuran tegangan dan arus menggunakan tang ampere diperoleh data jika penggunaan hanya motor 0,03 A jika hanya pompa 0,25 A dan jika penggunaan total 0,26

1. Perhitungan daya hanya motor

$P \text{ (Daya)} = V \text{ (Tegangan)} \times I \text{ (Arus)}$	(3)
$= 12 \text{ V} \times 0,03 \text{ A}$	
$= 0,36 \text{ Watt}$	
$\text{KWH} = 0,36 / 1000 = 0,00036 \text{ KWH}$	
Jadi penggunaan daya selama 1 jam = 0,00036 KWH	

2. Perhitungan daya hanya pompa

$P \text{ (Daya)} = V \text{ (Tegangan)} \times I \text{ (Arus)}$	(3)
$= 12 \text{ V} \times 0,25 \text{ A}$	
$= 3 \text{ Watt}$	
$\text{KWH} = 3 / 1000 = 0,003 \text{ KWH}$	
Jadi penggunaan daya selama 1 jam = 0,003 KWH	

3. Perhitungan daya total keseluruhan

$P \text{ (Daya)} = V \text{ (Tegangan)} \times I \text{ (Arus)}$	(3)
$= 12 \text{ V} \times 0,26 \text{ A}$	
$= 3,12 \text{ Watt}$	
$\text{KWH} = 3,12 / 1000 = 0,00312 \text{ KWH}$	
Jadi penggunaan daya selama 1 jam = 0,00312 KWH	
Harga 1 KWH = Rp 1.444	
Jadi biaya alat penyemprot tersebut bekerja selama 1 jam	

$$0,00312 \times 1.444 = 4,50528 \text{ atau Rp } 4.500 / \text{ jam}$$

Jadi, perhitungan penggunaan daya tanpa sprayer sebesar 0,36 Watt sedangkan perhitungan penggunaan daya tanpa motor sebesar 3 Watt serta perhitungan penggunaan daya total keseluruhan 3,12 Watt per jam nya.

- Perhitungan Keseluruhan dan Hasil Efikasi Herbisida

Untuk mengetahui takaran herbisida yang tepat (konsentrasi herbisida setiap liternya) perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi ini akan menentukan volume semprot yang diperlukan sehingga dengan mudah memperhitungkan konsentrasi dan dosis herbisida yang sesuai. Pada alat penyemprot otomatis ini diketahui mampu menyemprot herbisida dengan debit 5,4 liter/menit, dengan lebar gawangan 2,5 meter, dan kecepatan penyemprotan 48 meter/menit.

Diketahui : C = 5,4 liter/menit

G = 2,5 meter

K = 48 meter/menit

Penyelesaian : 
$$V = ( ha \times C ) / G \times K \quad (4)$$
$$= ( 10.000 \times 5,4 ) / 2,5 \times 48$$
$$= 450 \text{ liter}$$

Sehingga untuk menyemprot lahan kebun kopi seluas 1 hektar membutuhkan 450 liter air. Total volume air ini akan dibagikan ke dalam kapasitas pertangki yang memiliki kapasitas 16 liter, sehingga 450 liter dibagi 16 liter pertangki berjumlah total 28 tangki. Jika jenis herbisida yang digunakan adalah Roundup yang memiliki label dengan dosis 2-4 l/ha maka konsentrasi dari herbisida dapat dihitung yaitu :

4 liter Roundup / 450 liter air = 0,008 liter (8 ml Roundup/liter air) atau,  
8 ml Roundup/liter air x 16 liter = 128 ml Roundup dalam satu tangki.



Gambar 8. Pengimplementasian larutan herbisida

Gambar di atas adalah hasil percobaan larutan herbisida dengan konsentrasi 128 ml herbisida dicampurkan pada 16 liter air.

Adapun hasil efikasi dari herbisida setelah disemprotkan dilakukan pengamatan dari hari ke hari untuk melihat perubahan toksinasi terhadap gulma dapat diamati pada gambar berikut :



Gambar 9. Pengamatan gulma hari ke-1



Gambar 10. Pengamatan gulma hari ke-3



Gambar 11. Pengamatan gulma hari ke-5

Dapat dilihat dari beberapa gambar di atas terjadi perubahan warna gulma dari hari ke hari, Ini disebabkan efek toksinasi dari herbisida. Pada saat melakukan percobaan pengaplikasian alat ini dilakukan pada saat kondisi cuaca cerah dengan takaran herbisida sebanyak 120 ml dicampurkan ke dalam timba air yang berkapasitas 16 liter. Pada pengamatan hari ke hari dalam kondisi cuaca tidak turun hujan yang menyebabkan efek herbisida terhadap gulma begitu cepat hanya kurang dari 5 hari diamati bahwa seluruh gulma mati secara merata.

#### 4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil dan pembahasan pada alat yang telah dibuat adalah sebagai berikut :

1. Alat penyemprot otomatis herbisida ini dirancang dan dibangun dengan beberapa tahap yaitu perancangan mekanik, perancangan elektronik serta perancangan pada perangkat lunak yang kemudian melakukan pengujian implementasi lapangan sehingga hasil pengujian akan menjadi hasil perbandingan antara penyemprotan secara manual dan secara otomatis. Hasil pengujian yang diperoleh membuktikan bahwa alat ini jauh lebih cepat walaupun dalam skala yang kecil.
2. Pada pengimplementasian alat penyemprot herbisida otomatis berbasis ESP32 ini dapat menghasilkan debit penyemprotan 90 ml/s atau 5,4 LPM atau 324 LPH dengan penggunaan daya 3,12 Watt atau 0,00312 KWH. Hasil pengujian tersebut membuktikan bahwa alat ini dapat meningkatkan efisiensi waktu, tenaga, daya dan herbisida.
3. Perhitungan konsentrasi herbisida dalam pengaplikasian alat penyemprot otomatis per hektarnya perlu mengetahui jumlah volume air yang diperlukan terlebih dahulu, agar takaran herbisida dan air sesuai dan seragam dalam perliternya. Hasil kalibrasi yang didapat berjumlah 450 liter yang dibagikan ke dalam tanki berkapasitas 16 liter sehingga membutuhkan 28 tanki perhektarnya dengan dosis 4 liter per hektar sehingga dapat diketahui konsentrasi herbisida yang digunakan sebanyak 128 ml per tanki yang mengakibatkan toksinasi terhadap gulma hanya kurang dari 3 hari.
4. Setelah melakukan evaluasi terhadap alat yang telah dirancang dan dibangun dapat dianalisa bahwa alat mampu mengurangi beban petani dalam kegiatan penyemprotan herbisida, serta hasil semprotan yang efektif dan merata dalam waktu yang cukup singkat, serta meminimalisir petani dari paparan herbisida yang dapat mengganggu kesehatan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Pada studi pustaka ini terdapat teori-teori pendukung dan berkaitan dengan penelitian ini yang dirangkum oleh penulis dari 5 tahun terakhir yang digunakan sebagai rujukan penelitian. Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk mengumpulkan pengetahuan yang relevan tentang alat-alat serupa yang telah ada, teknologi yang digunakan, serta penelitian dan inovasi terbaru. Beberapa penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, yaitu :

1. Desain dan pengembangan robot penyemprot pupuk dan pestisida untuk pertanian tahun 2021. Hasil dari penelitian ini prototipe robot pertanian mampu menyemprotkan pupuk cair dan pestisida pada 20 tanaman/menit menggunakan mode otonom dibandingkan dengan 30 tanaman/menit oleh pekerja manusia. Hal ini menyebabkan total 100 tanaman dicakup oleh robot dalam 5 menit dibandingkan dengan 150 tanaman oleh pekerja manusia. Dengan uji jumlah penyemprotan selama 5 menit 200 ml pupuk cair dibandingkan dengan 1000 ml oleh pekerja manusia. Satu rekomendasi telah diidentifikasi untuk pekerjaan di masa depan dengan membuat robot sepenuhnya otonom, dengan menggunakan sistem rel atau jalur, biaya tenaga kerja dapat dikurangi karena operator tidak perlu mengarahkan robot secara manual ke setiap jalur tanaman.
2. Penilaian kinerja penyemprotan prototipe kendaraan yang dikendalikan dari jarak jauh untuk aplikasi pestisida pada tanaman tomat rumah kaca tahun 2020[12]. Hasil dari penelitian ini alat ini mampu menyemprot 36L/menit karena memiliki 16 nozzle yang menghadap kesisi kanan dan kiri serta menggunakan remot kontrol. Tetapi alat ini hanya mampu melakukannya pada tanaman rumah kaca dikarenakan hasil uap semprotan yang cukup halus yang dapat terbawa udara sehingga untuk menguji kinerjanya kedepannya dapat menggunakan nozzle kipas datar.
3. Rancang Bangun Sprayer Pestisida Menggunakan Pompa Air DC 12 V dan Panjang Batang Penyemprot 6 Meter tahun 2021[13]. Hasil dari penelitian ini Alat Sprayer mampu melakukan penyemprotan secara luas dengan Kapasitas Lapang Efektif sebesar 0,73 ha/jam. Namun, alat ini memerlukan dorongan dari tenaga manusia sebagai penggeraknya dan belum dapat dikontrol melalui smartphone.
4. Robot Penyemprot Pestisida Ramah Petani Otomatis dengan Kamera Sistem Pengawasan tahun 2020[14]. Hasil dari penelitian ini Alat ini memiliki sistem kamera nirkabel dan dapat dikontrol pergerakannya melalui smartphone karena menggunakan modul bluetooth. Akan tetapi, alat ini tidak dapat melewati rintangan sehingga hanya dapat diterapkan pada tanaman rumah kaca.
5. Robot Penyemprot Pestisida Otonom dengan Sistem Penglihatan Berbasis Warna tahun 2022[15]. Hasil dari penelitian ini Alat ini mampu memindai gulma karena menggunakan Modul TCS 3200 sebagai sensor deteksi warna. Disisi lain, alat ini memiliki permasalahan yaitu pendeteksian warna hijau kurang akurat karena warna dipengaruhi juga oleh cahaya dan alat ini juga masih membutuhkan waktu yang lama untuk melakukan penyemprotan.

## REFERENCES

- [1] M. A. Chico Hermanu Brillianto Apribowo , Teguh Endah S., "Prototipe Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Pertanian," 2015.
- [2] E. A. Yandi Suprpto, "Seiko : Journal of Management & Business Analisis Kegiatan Ekspor Kopi Indonesia Dalam Pasar Global," vol. 6, 2023.
- [3] BPS, "Dari AS sampai Rusia , Negara Tujuan Ekspor Kopi Indonesia pada 2022," vol. 3, 2023.
- [4] Z. E. F. Abdul Madjid, Abdurrahman Salim, Anni Nur Aisyah, "Pemanfaatan Power Sprayer Guna Mengendalikan Hama Kopi di Desa Klungkung Jember," 2022.
- [5] A. Putra, *Manajemen Pemeliharaan Kopi Arabika Di Mitra Tani Lembah Kayangan Binaan Morys Coffee Kabupaten Kerinci Provinsi Jambi*. 2021.
- [6] D. R. Aditiya, "Herbisida : Risiko terhadap Lingkungan dan Efek Menguntungkan," *Saintekno J. Sains dan Tekno.*, 2021.
- [7] N. Dosen *et al.*, "Laporan Praktikum Mata Kuliah Pengendalian Gulma (Agh321) Selektivitas Herbisida," vol. 3, 2019.
- [8] H. P. Wasri Yaman, Herry Susanto, Sugiarno, "Efikasi Herbisida Isopropilamina Glifosat 240 G I-1 Terhadap Pertumbuhan Gulma Di Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*) Tanaman Menghasilkan," *Inov. Pembang. J. Kelitbangan*, vol. 9, 2021, doi: 10.35450/jip.v9i02.228.
- [9] F. Ketti, *Analisis Vegetasi Gulma Pada Pertanaman Kopi Arabika ( Coffea Arabica L. ) Di Kabupaten Pinrang*. 2020.
- [10] D. R. Sigalingging, D. R. J. Sembodo, and N. Sriyani, "Efikasi Herbisida Glifosat Untuk Mengendalikan Gulma Pada Pertanaman Kopi ( Coffea Canephora )," vol. 2, 2014.
- [11] L. S. H. Afif Shazwan Abdul Ghafar, Sami Salama Hussien Hajjaj, Kisheen Rao Gsangaya, Mohamed Thariq Hameed Sultan, Mohd Fazly Mail, "Desain dan pengembangan robot penyemprot pupuk dan pestisida untuk pertanian," 2021.
- [12] L. E. A. Victor J. Rincóna, Marco Grella Paolo Marucco, Julian Sanchez-Hermosilla, Paolo Balsari, "Penilaian kinerja penyemprotan prototipe kendaraan yang dikendalikan dari jarak jauh untuk aplikasi pestisida pada tanaman tomat rumah kaca," 2020.
- [13] M. F. Annafiyah, Soffatul Anam, "Rancang Bangun Sprayer Pestisida Menggunakan Pompa Air DC 12 V dan Panjang Batang Penyemprot 6 Meter Annafiyah dkk / Jurnal Rekayasa Mesin," 2021.
- [14] S. S. Mane *et al.*, "Robot Penyemprot Pestisida Ramah Petani Otomatis dengan Kamera Sistem Pengawasan," 2020.

- [15] A. E. Mona Tahmasebi, Mohammad Gohari, "Robot Penyemprot Pestisida Otonom dengan a Sistem Penglihatan Berbasis Warna," vol. 2, 2022.