

RANCANG BANGUN MOBIL SPRAYER DENGAN KENDALI JARAK JAUH UNTUK TANAMAN CABAI MERAH

(Design of A Car Sprayer With Remote Control For Red Chili Plants)

I Dewa Made Subrata^{1*}, Faisal Kurniawan¹

¹Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University
dewamadesubrata.ipb@gmail.com*

ABSTRACT

Efforts to increase crop production are often faced with pest and disease disturbances. Dryland agriculture is a sector that requires a lot of labor. Humans have several shortcomings in doing work, one of which is physical fatigue at work. The solution to overcome this problem is to use a sprayer robot in agriculture which is equipped with a bluetooth module as a controller. The purpose of the research is to design a sprayer robot that is able to carry the load of the sprayer tank, can drive between beds with bluetooth control and analyze the performance of the sprayer. The dimensions of the sprayer robot are 87,5 cm long, 47,5 cm wide, and 38 cm high to accommodate a 50 liters sprayer tank. As for the performance of the robot, the sprayer robot can drive with a 50 kg load on the ground with a speed of 0,364 m/s and 0,799 m/s on asphalt with an average wheel slip of 20,32% on the ground and 5,27% on the asphalt. The optimum sprayer performance test results were obtained at a pressure of 3 bar (P3) which was able to produce a droplet diameter of 234,02 μm , a droplet density of 140.68 droplets/cm², an effective spraying width of 88 cm, an effective spraying discharge of 0,784 liters/minute, and the effective spraying range and the total spraying range were 56 cm and 168 cm.

Keywords: bluetooth, performance of robotic, robotic, sprayer, pressure

ABSTRAK

Usaha untuk meningkatkan produksi tanaman seringkali dihadapkan dengan adanya gangguan hama dan penyakit. Pertanian lahan kering merupakan sektor yang membutuhkan banyak tenaga kerja. Manusia memiliki beberapa kekurangan dalam melakukan pekerjaan salah satunya adalah kelelahan fisik saat bekerja. Solusinya untuk mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan robot sprayer dibidang pertanian yang dilengkapi dengan module bluetooth sebagai alat pengendalinya. Tujuan penelitian adalah merancang bangun robot sprayer yang mampu mengangkut beban tangki sprayer, dapat melaju diantara bedengan dengan kendali bluetooth dan menganalisis kinerja sprayer. Dimensi robot sprayer dengan panjang 87,5 cm, lebar 47,5 cm, dan tinggi 38 cm agar dapat menampung tangki sprayer 50 liter. Adapun kinerja robot, yaitu robot sprayer dapat melaju dengan pembebanan 50 kg di tanah dengan kecepatan sebesar 0,364 m/s dan di aspal sebesar 0,799 m/s dengan slip roda rata-rata sebesar 20,32 % ditanah dan sebesar 5,27 % di aspal. Hasil uji kinerja sprayer yang optimum diperoleh pada tekanan 3 bar (P3) yang mampu menghasilkan diameter droplet sebesar 234,02 μm , kerapatan droplet sebesar 140,68 droplet/cm², lebar penyemprotan efektif sebesar 88 cm, debit

penyemprotan efektif sebesar 0,784 liter/menit dan jangkauan penyemprotan efektif serta jangkauan penyemprotan total masing-masing sebesar 56 cm dan 168 cm.

Kata kunci: bluetooth, kinerja robot, robot, sprayer, tekanan

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu sektor yang membutuhkan banyak tenaga kerja. Dalam beberapa tahun terakhir ini, jumlah tenaga kerja di bidang pertanian semakin berkurang oleh karena itu perlu penerapan robotika di bidang pertanian. Penerapan robotika pada umumnya digunakan untuk menggantikan pekerjaan manusia, karena manusia memiliki beberapa kekurangan dalam melakukan pekerjaan diantaranya adalah kelelahan fisik dan mental saat bekerja, ketidak-telitian, serta ketidak-efisienan waktu kerja.

Cabai merah merupakan sayuran termasuk dalam komoditas yang bernilai ekonomi tinggi. Nilai jual sayuran khususnya cabai (*Capsicum annum L.*) sangat dipengaruhi oleh kualitas hasil panennya, khususnya penampilan visual produk. Di antara komoditas sayuran, cabai merupakan sayuran yang memiliki potensi ekonomi tertinggi, dan areal pertanaman cabai termasuk yang terluas di antara sayuran lainnya (Darmawan dan Pasandaran 2000). Salah satu penyebab rendahnya produksi cabai ialah serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) baik yang berupa hama, penyakit, nematoda, maupun gulma pengganggu. Upaya yang dilakukan petani untuk mengatasi serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) adalah dengan menggunakan pestisida secara intensif dengan dosis yang semakin tinggi dan interval penyemprotan semakin pendek. Praktik tersebut jika terus dibiarkan akan menimbulkan dampak negatif, baik bagi kesehatan petani dan konsumen maupun terhadap lingkungan (Moekasan 2014).

Penyemprotan pestisida yang berlebihan akan mengakibatkan dampak kesehatan bagi manusia yaitu timbulnya keracunan pada petani yang dapat dilakukan dengan jalan memeriksa aktifitas kolinesterase darah. Beberapa faktor yang berdampak buruk terhadap kesehatan manusia diantaranya jenis pestisida, dosis pestisida, frekuensi penyemprotan, masa kerja menjadi penyemprot, lama menyemprot, pemakaian alat pelindung diri, cara penanganan pestisida, kontak terakhir dengan pestisida, ketinggian tanaman, suhu lingkungan, waktu menyemprot dan tindakan terhadap arah angin. Pestisida yang banyak direkomendasikan untuk bidang pertanian adalah golongan organofosfat, karena golongan ini lebih mudah terurai di alam. Golongan organofosfat mempengaruhi fungsi syaraf dengan jalan menghambat kerja enzim kolinesterase, suatu bahan kimia esensial dalam mengantarkan impuls sepanjang serabut syaraf (Mualim K 2002).

Saat ini para petani masih menggunakan cara manual dalam penyemprotan pestisida pada tanaman, sehingga dapat menimbulkan dampak negatif pada kesehatan petani. Selain itu penyemprotan secara manual kurang efektif karena penyebaran pestisida yang kurang merata sehingga memungkinkan adanya penumpukan pestisida pada beberapa bagian tumbuhan. Hal ini juga dapat menimbulkan pemborosan dalam penggunaan pestisida karena perbedaan kecepatan dalam penyemprotan. Menurut Permenaker No.Per-03/Men/1986 menyebutkan bahwa untuk menjaga efek yang tidak diinginkan maka dianjurkan supaya tidak melebihi empat jam per hari dalam seminggu berturut-turut bila menggunakan pestisida. Tenaga kerja yang mengelola

pestisida tidak boleh mengalami pemaparan lebih dari 5 jam sehari dan 30 jam seminggu. Semakin lama penyemprotan maka paparan pestisida juga semakin tinggi sehingga beresiko terjadinya keracunan (Fitrisya *et al.* 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bangun mobil sprayer dengan kendali nirkabel untuk tanaman cabai merah. Dengan adanya mobil sprayer ini, diharapkan petani tidak perlu lagi melakukannya dengan cara manual dari jarak dekat sehingga dapat mengurangi potensi terganggunya kesehatan petani, meningkatkan kapasitas kerja dan meringankan beban angkat petani.

II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Januari 2023 di Laboratorium Lapangan Siswadi Supardjo, Laboratorium Mekatronika dan Robotika, dan Laboratorium Sprayer Leuwikopo Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini berupa rancang bangun alat sprayer dengan kendali nirkabel berbasis mikrokontroler.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya peralatan konstruksi, peralatan elektronika untuk pembuatan sistem kontrol, dan peralatan untuk keperluan pengujian. Peralatan konstruksi antara lain peralatan bengkel konstruksi, mesin perbengkelan dan pengerjaan logam. Peralatan untuk pembuatan alat kontrol antara lain solder, obeng, bor, dan tang potong. Peralatan untuk pengujian antara lain multimeter, tachometer, stopwatch, pita ukur, dan gelas. Peralatan untuk pembuatan desain antara lain laptop dan software solidworks 2018 untuk pembuatan desain sistem dan Arduino untuk pembuatan program mikrokontroler.

Bahan yang digunakan untuk konstruksi mesin adalah (1) plat baja berbagai ukuran, (2) baut dan mur berbagai jenis, (3) besi poros berbagai ukuran, (4) rangka plastic ukuran 50 liter, (5) *nozzle*, (6) roda, dan (7) selang . Bahan yang digunakan untuk rangkaian mikrokontroler adalah (1) Arduino mega 2560, (2) motor dc, (3) pompa air bertekanan (pompa dc 12 volt), (4) sensor ultrasonic, (5) motor *driver shield*, dan (6) bahan habis pakai untuk pengujian (pestisida, air, dan tanaman cabai).

2.3 Pendekatan Rancangan

2.3.1 Rancangan Fungsional

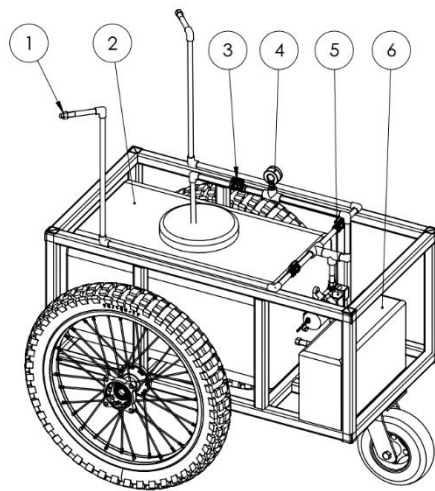
Secara keseluruhan konsep pengembangan sistem kontrol pada prototipe mobil sprayer pertanian memiliki fungsi sebagai berikut:

Tabel 1 Fungsi komponen pada mobil sprayer

No	Komponen	Fungsi
1.	Nozzle	Untuk menyemprotkan dan menyebarkan cairan sprayer dari tangki ke tanaman.
2.	Pompa DC 12V	Sebagai sumber tekanan yang digunakan untuk menyebarkan atau menyalurkan cairan dari tangki ke nozzle melalui pipa.
3.	Tangki 50 liter	Untuk menampung cairan (campuran air dan pestisida).
4.	Rangka	Dibuat agar mudah terintegrasi dengan komponen-komponen lain.
5.	Pressure gauge	Untuk mengukur besar tekanan yang dihasilkan oleh pompa dc 12 volt.
6.	Kran limpasan	Untuk mengatur besar kecilnya tekanan yang disalurkan oleh pompa ke nozzle.
7.	Sumber penggerak untuk menjalankan prototipe (Motor DC)	Menggunakan sebanyak 2 buah motor DC, agar lebih mudah dalam pergerakan alat tersebut. Torsi yang diberikan oleh motor DC harus mengakomodasi kebutuhan total torsi untuk menghasilkan putaran yang diharapkan.
8.	Media transportasi robot (Roda karet)	Menggunakan roda karet agar memudahkan pergerakan prototipe.
9.	Penerus sumber tenaga dari baterai ke motor DC yang dapat diatur (<i>motor shield</i>)	Hasil pengolahan informasi pada mikrokontroler diteruskan pada rangkaian <i>H-bridge</i> untuk menggerakkan motor DC.
10.	Sumber tenaga motor DC dan mikrokontroler (Baterai dan akumulator)	Baterai dihubungkan langsung dengan mikrokontroller dan akumulator dihubungkan ke motor DC melalui <i>H-bridge</i> .
11.	Mengendalikan gerak prototipe (bluetooth hc-05)	Luaran yang dihasilkan dari module bluetooth hc-05 akan diolah menggunakan mikrokontroler untuk mengendalikan jalannya prototipe.

2.3.2 Rancangan Struktural

Prototipe mobil sprayer yang dibuat terdiri atas beberapa komponen yaitu unit pengontrol, komponen module, dan sprayer elektrik. Desain mesin sprayer terdiri atas beberapa komponen utama yaitu (1) Sprayer elektrik kapasitas tangki 50 liter dan kapasitas pompa 12 volts, tekanan maks 100 PSI. (2) Mikrokontroler arduino mega 2560 spesifikasi tegangan operasi 5 volt, tegangan masukan 6-20 volt, digital I / O 54 pin (dari 15 yang memberikan output PWM) dan masukan analog 16 Pin. (3) *Nozzle (cone nozzle)*. (4) *Module Bluetooth HC-05*. Desain prototipe mesin sprayer pestisida dapat dilihat pada Gambar 1. Sprayer tersebut akan dioperasikan pada lahan terbuka dimana alat akan dikendalikan melalui *smartphone* yang akan dioperasikan oleh operator. Ketinggian dari nozzel dan jarak nozzel ke tanaman diatur secara manual oleh operator.



1. Cone nozzle
2. Tangki 50 liter
3. Kran limpasan
4. Pressure gauge
5. Pompa air 12 volt
6. Box akumulator dan box kontrol

(a)



(b)

Gambar 1 Desain prototipe mobil sprayer (a), dan Pompa cairan (b).

a. Perancangan unit pengontrol

Perancangan unit kontrol dibutuhkan beberapa komponen elektronik yang terdiri atas 2 motor DC 12 volt yang kecepatannya dikontrol berdasarkan system PWM, motor pompa 12 volt sebagai sumber tekanan pada sprayer, mikrokontroler arduino mega tipe 2560 sebagai pengontrol keseluruhan komponen, dan module bluetooth hc-05 sebagai pengirim dan penerima perintah keluaran.

b. Perancangan unit pengangkut sprayer

Panjang prototipe mesin sprayer 73 cm, lebar pengangkut 61 cm, dan tinggi pengangkut 33 cm.

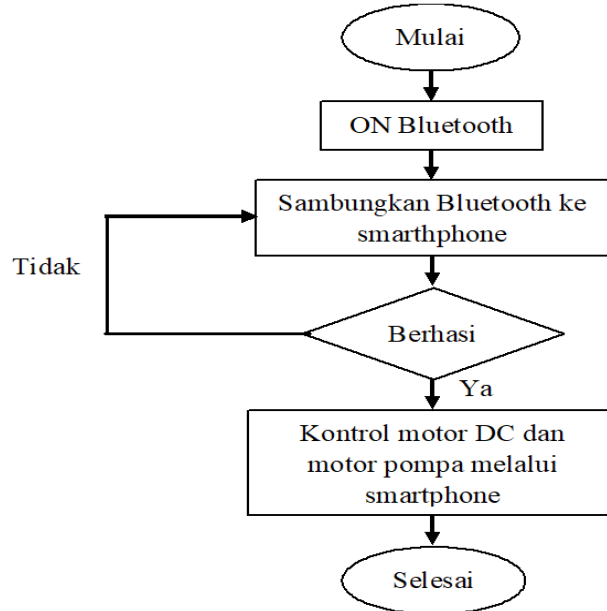
c. Perancangan bagian penyemprotan

Bagian penyemprotan terdiri atas nozel kanan dan kiri dengan jarak antar nozel sebesar 79 cm. Jarak antar nozel berdasarkan lebar rangka dan jarak antar tanaman diantara

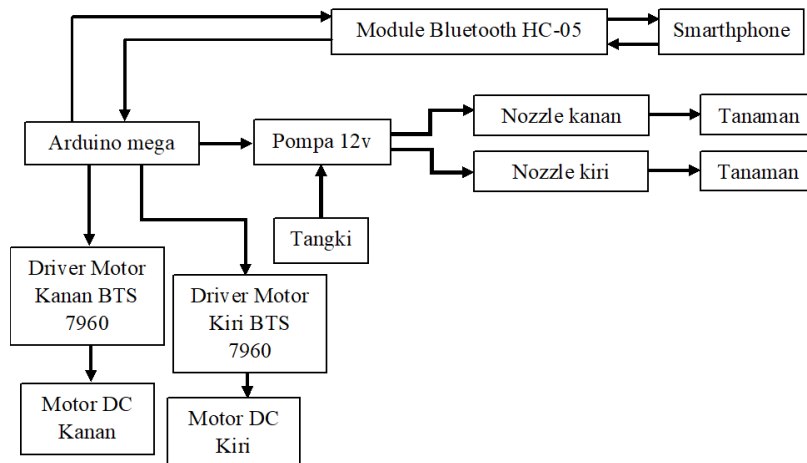
bedengan. Tinggi nozel 90 cm dari tanah agar dapat menyemprot tanaman seluruh bagian tanaman.

2.3.3 Algoritme pengendalian dan rancangan sistem kontrol

Unit kontrol berfungsi untuk mengontrol keseluruhan sistem, salah satunya sebagai pengatur ON/OFF motor pompa dan pengatur jalannya motor DC. Adapun sistem kontrol motor DC yang digunakan berdasarkan atas pengontrolan PWM. Diagram alir sistem kontrol dan skema pengendalian sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1 Diagram alir sistem kontrol



Gambar 3 Skema pengendalian sistem kontrol

2.4 Prosedur Pengukuran dan Pengujian

2.4.1 Pengujian fungsional kinerja kontrol

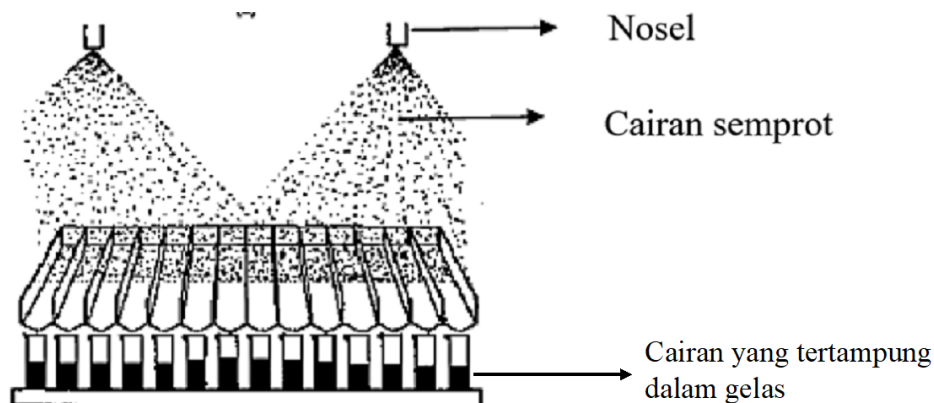
Uji fungsional dilakukan pada sistem kontrol komponen prototipe mesin sprayer untuk mengetahui dan memastikan bahwa setiap bagian dapat berfungsi dengan baik. Uji fungsional tersebut meliputi (1) uji kendali kecepatan motor penggerak, (2) uji kendali tekanan sprayer, (3) uji pengukuran jarak module bluetooth hc-05, (4) uji kalibrasi alat ukur.

2.4.2 Pengujian laboratorium

Percobaan di laboratorium bertujuan untuk menentukan tekanan cairan, debit penyemprotan, lebar penyemprotan efektif, tinggi penyemprotan efektif serta diameter dan kerapatan droplet.

1. Lebar penyemprotan

Pengukuran lebar penyemprotan dilakukan dengan penyemprotan pada patternator. Patternator merupakan alat yang digunakan untuk mengalirkan cairan pada saat penyemprotan. Berdasarkan SNI 8485:2018, pada pengukuran lebar penyemprotan jarak vertical nosel ke patternator adalah 600 mm. Cairan yang terdistribusi mengalir pada patternator menuju gelas ukur Gambar 4. Cairan yang tertampung pada gelas ukur kemudian diukur volumenya. Nilai lebar penyemprotan efektif diperoleh berdasarkan grafik sebaran volume yang dibuat tumpang tindih (overlapping) sebanyak 3 kali pada bagian sisi kanan dan kiri



Gambar 4 Contoh pola sebaran penyemprotan pada patternator saat pengukuran lebar penyemprotan (Anonim 1986)

2. Debit Penyemprotan

Debit penyemprotan merupakan parameter penting dalam pengujian kinerja sprayer. Pengukuran debit dilakukan untuk mengetahui banyaknya cairan yang digunakan per satuan waktu penyemprotan agar saat dilakukan aplikasi herbisida di lahan tidak terjadi pemborosan larutan herbisida. Pengukuran debit penyemprotan dilakukan secara volumetrik.

Perhitungan debit penyemprotan secara volumetrik dapat dilakukan dengan Persamaan 1:

$$Q = (V/t) \times 0,06 \quad \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- Q = Debit penyemprotan efektif, liter/menit
- V = Volume cairan tertampung, ml
- t = Lama waktu penyemprotan, detik
- 0,06 = Faktor konversi dari ml/detik ke liter/menit

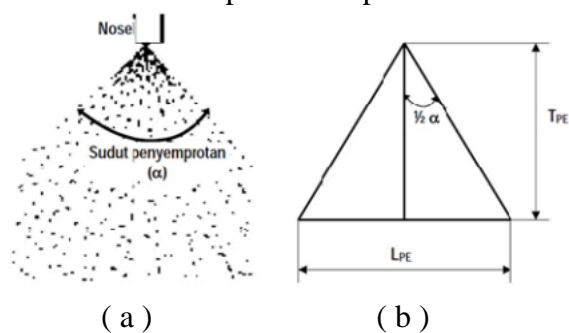
3. Jangkauan Penyemprotan

Pengukuran jangkauan penyemprotan dilakukan untuk mengetahui jangkauan kerja penyemprotan optimal sprayer dan jangkauan penyemprotan total sprayer. Semakin besar jangkauan penyemprotan efektif yang didapat semakin baik kinerja sprayer. Penyemprotan pada patternator hanya menggunakan salah satu nozel dengan mengatur tekanan pada pompa.

Pengukuran jangkauan penyemprotan dilakukan dengan penyemprotan pada patternator dari arah horisontal. Berdasarkan SNI 8650:2018, pada saat pengukuran jangkauan penyemprotan dilakukan dengan posisi lengan datar pada ketinggian 60 cm dari patternator. Jangkauan penyemprotan efektif (JPE) merupakan jangkauan terjauh yang paling baik pada saat penyemprotan terjadi. Nilai jangkauan penyemprotan efektif didapatkan dari banyaknya gelas awal yang menampung cairan sampai gelas yang mempunyai nilai volume cairan tertampung yang terbesar pada saat penyemprotan dikali 0.08 m (jarak antar gelas).

4. Sudut Penyemprotan dan Tinggi Penyemprotan Efektif

Sudut penyemprotan merupakan besar sudut antara kedua sisi aliran yang terbentuk dengan arah yang menyebar dari titik penyemprotan. Pengukuran sudut penyemprotan dilakukan dengan penyemprotan langsung pada busur derajat. Penentuan sudut semprot dilakukan sebagai dasar dalam menentukan tinggi penyemprotan efektif (TPE). Berdasarkan SNI 4513:2012, skema sudut penyemprotan dan penentuan TPE dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Skema sudut penyemprotan (a) dan tinggi penyemprotan efektif (b)

Penentuan tinggi penyemprotan efektif merupakan dasar untuk mendapatkan nilai diameter droplet dan kerapatan droplet. Nilai tinggi penyemprotan efektif dapat diketahui dari besar nilai lebar penyemprotan efektif dan sudut penyemprotan. Berdasarkan Gambar 5(b), nilai tinggi penyemprotan efektif dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2:

$$TPE = \frac{1/2 LPE}{\tan(1/2 \alpha)} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- TPE = Tinggi penyemprotan efektif, cm
- LPE = Lebar penyemprotan efektif, cm
- α = Sudut penyemprotan, ($^{\circ}$)

5. Pengukuran Diameter dan Kerapatan Droplet

Pengukuran diameter droplet yang dihasilkan dari penyemprotan bertujuan untuk mengetahui diameter normal rata-rata droplet. Droplet yang diukur adalah droplet yang menempel pada kertas concord atau hvs.

1. Optimasi tekanan cairan

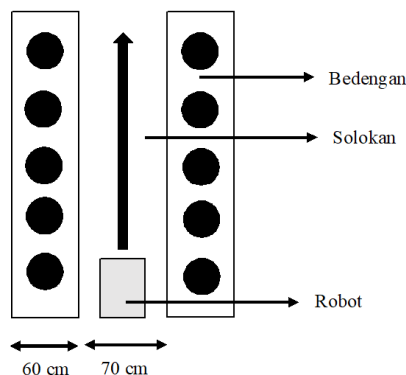
Optimasi tekanan cairan dilakukan untuk mengetahui kinerja penyemprotan yang paling optimum dari data di laboratorium. Metode yang digunakan untuk optimasi perlakuan pada sprayer adalah dengan menggunakan metode pembobotan parameter. Setiap parameter diberi presentase dan diberi nilai bobot sesuai dengan prioritas pada saat aplikasi (Rafidah 2021). Parameter pembobotan dan presentase masing-masing parameter ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter pembobotan

No	Parameter pembobotan	Presentase pembobotan
1	Diameter <i>droplet</i>	30%
2	Kerapatan <i>droplet</i>	25%
3	Lebar penyemprotan efektif	20%
4	Debit penyemprotan efektif	15%
5	Jangkauan penyemprotan efektif	10%

2.4.3 Pengujian lapangan

Uji kinerja juga dilakukan untuk melihat performa dari robot sprayer pada lahan kering dan lahan tanah untuk mengangkat tangki sprayer. Pengujian lapang dilakukan dengan mengendalikan robot sprayer mengikuti ruang antara dua baris tanaman dengan pola seperti Gambar 6.



Gambar 6 Pola pengujian prototipe di ruang diantara bedengan

Parameter yang diuji yaitu kecepatan maju dan jarak pembacaan module bluetooth antara operator dan robot sprayer. Uji kinerja prototipe dapat ditinjau melalui slip roda, kecepatan maju teoritis, kecepatan maju aktual, jarak tempuh teoritis. Rumus untuk menghitung diantaranya :

Untuk menghitung jarak tempuh teoritis dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} K &= \text{Keliling roda} \\ St &= K \times (5 \text{ kali putaran roda}) \end{aligned} \quad (3)$$

Keterangan :

$$St = \text{Jarak tempuh teoritis, m} \quad (4)$$

Untuk menghitung slip roda rata-rata dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \left[1 - \left(\frac{\bar{s}a}{st} \right) \right] \times 100\% \quad (5)$$

$$\bar{S} = \frac{\text{Slip roda kanan} + \text{Slip roda kiri}}{2} \quad (6)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} S &= \text{Slip roda (\%)} \\ \bar{S} &= \text{Slip roda rata-rata (\%)} \\ \bar{s}a &= \text{Jarak tempuh aktual (m)} \\ St &= \text{Jarak tempuh teoritis (m)} \end{aligned}$$

Untuk menghitung kecepatan maju teoritis dapat dihitung dengan rumus :

$$V_T = \frac{V_A}{(1 - \bar{S})} \quad (7)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} V_T &= \text{Kecepatan maju teoritis (m/s)} \\ V_A &= \text{Kecepatan maju aktual (m/s)} \\ \bar{S} &= \text{Slip roda rata-rata (\%)} \end{aligned}$$

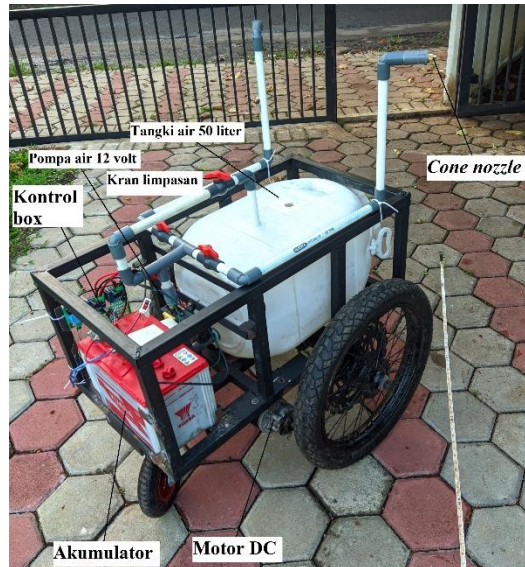
Data yang di ukur pada pengujian ini meliputi : (1) Pengukuran kinerja motor DC dan pengukuran slip roda, (2) Pengukuran kecepatan maju aktual dan kecepatan maju teoritis.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Prototipe

3.1.1 Hasil Prototipe Alat

Prototipe Sprayer dibuat menggunakan rangka besi hollow 30 mm × 30 mm dengan tebal 1 mm sesuai dengan simulasi beban (gambar 7).

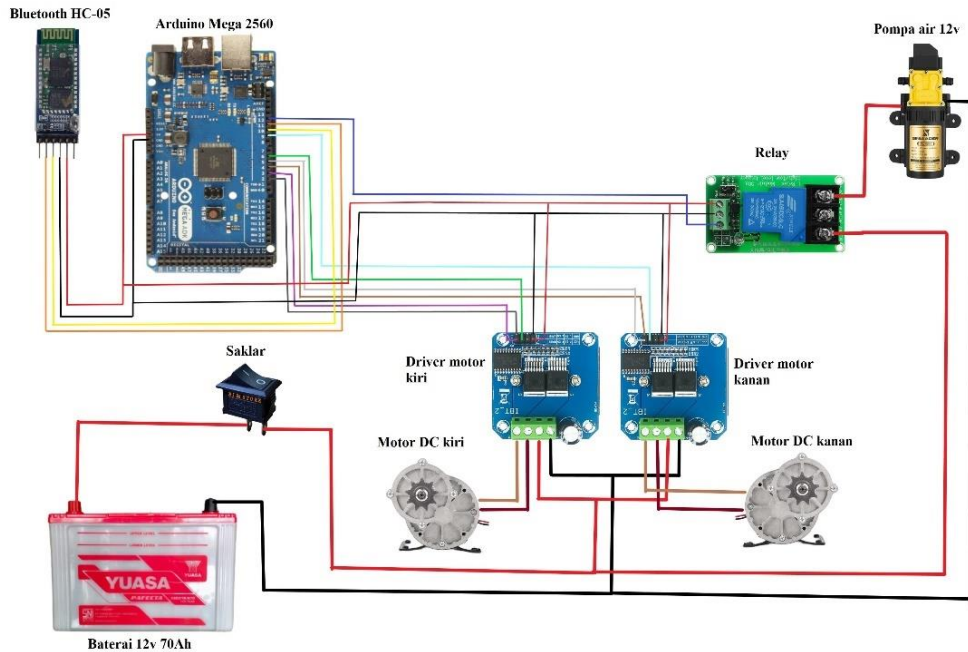


Gambar 7 Hasil prototipe alat

Hasil pembuatan prototipe sprayer otomatis dengan sistem kendali bluetooth terdiri atas beberapa bagian utama yaitu box kontrol digunakan mengontrol sprayer, yang didalamnya terdapat rangkaian mikrokontroler arduino mega 2560, driver motor BTS7960, relay. Alat pengangkut sprayer menggunakan 3 roda dengan dimensi rancangan yaitu lebar rangka 47,5 cm, panjang rangka 87,5 cm, dan tinggi rangka 38 cm. Tinggi nozel dari tanah yaitu 90 cm agar droplet mampu menjangkau seluruh bagian tanaman cabai. Tinggi nozzle dibuat setinggi 90 cm karena rata-rata tinggi tanaman cabai ± 110 cm.

3.1.2 Hasil Sistem Kontrol dan Pengendalian

Sistem pengendalian prototipe sprayer menggunakan nirkabel jarak jauh (*bluetooth-HC05*). Sumber daya yang digunakan dapat menghidupkan 2 motor DC dengan kapasitas 250 watt 12 volt pada setiap ban. Setiap ban memiliki motor penggerak (motor DC) masing-masing yang berfungsi sebagai pengatur maju, mundur dan belok. Pengendalian kedua motor tersebut menggunakan driver motor BTS7960 dengan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dikirim dari microcontroler sesuai Gambar 8. Pengendalian ON-OFF motor pompa menggunakan relay yang dikirimkan dari sinyal microcontroler.



Gambar 8 Skema rangkaian elektronik

hasil pengujian jangkauan bluetooth untuk pengendalian robot mobil sprayer diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3 Jarak pengujian module bluetooth dari smarthphone

Pengujian ke-	Jarak (m)	Respon
1	5	Ada
2	10	Ada
3	15	Ada
4	20	Ada
5	25	Ada
6	30	Ada
7	35	Ada
8	40	Ada
9	45	Ada
10	50	Ada

3.1.2.1. Uji kinerja prototipe

Uji kinerja prototipe dilakukan untuk mengetahui robot mampu mengangkat beban sebesar 50 kg, mengetahui kecepatan maju, mengetahui slip dan mengetahui robot mampu dioperasikan di lahan. Pengoperasian pertama dilakukan pada aspal, dan tanah tanpa adanya pembebanan yang diberikan sebagai pembanding dengan pengujian yang dilakukan di lahan pertanian yang dimuat beban 74,4 kg. Parameter pengujian adalah kecepatan maju, slip roda dan kecepatan teoritis. Diketahui keliling roda robot sebesar 180 cm, sehingga jarak tempuh

teoritis sebesar 900 cm. Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan hasil dari perhitungan dan hasil pengukuran di tanah dan di aspal tanpa menggunakan beban. Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan hasil dari perhitungan dan pengukuran di tanah dan di aspal dengan pembebanan 50 kg.

Tabel 4 Hasil pengujian di tanah, tanpa pembebanan dan PWM 255

Parameter	Unit	Nilai rata-rata
Kecepatan	m/s	0,547
Kecepatan teoritis (Vt)	m/s	0,610
Slip roda kanan	%	9,56
Slip roda kiri	%	10,91

Tabel 5 Hasil pengujian di aspal, tanpa pembebanan dan PWM 255

Parameter	Unit	Nilai rata-rata
Kecepatan	m/s	1,208
Kecepatan teoritis (Vt)	m/s	1,245
Slip roda kanan	%	2,20
Slip roda kiri	%	3,73

Tabel 6 Hasil pengujian di tanah, dengan pembebanan 50 kg dan PWM 255

Parameter	Unit	Nilai rata-rata
Kecepatan	m/s	0,364
Kecepatan teoritis (Vt)	m/s	0,457
Slip roda kanan	%	20,13
Slip roda kiri	%	20,51

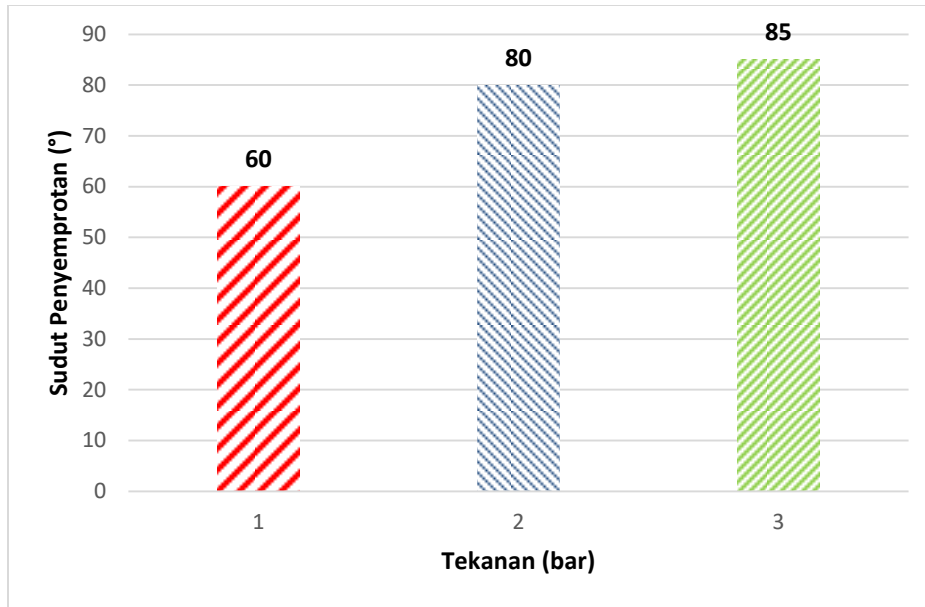
Tabel 7 Hasil pengujian di aspal, dengan pembebanan 50 kg dan PWM 255

Parameter	Unit	Nilai rata-rata
Kecepatan	m/s	0,799
Kecepatan teoritis (Vt)	m/s	0,843
Slip roda kanan	%	4,36
Slip roda kiri	%	6,18

3.2 Hasil Uji Kinerja Sprayer Di Laboratorium

3.2.1 Sudut Penyemprotan

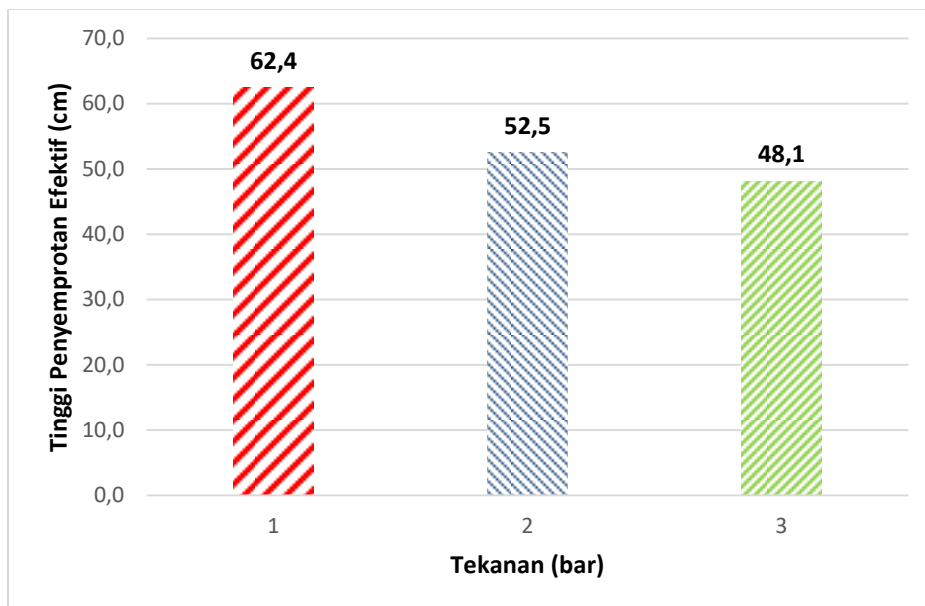
Besar sudut penyemprotan berbanding lurus dengan tekanan, sehingga semakin besar tekanan yang diberikan sudut penyemprotan yang dihasilkan akan semakin besar. Besar sudut penyemprotan pada tiap perbedaan tekanan ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Sudut penyemprotan tiap tekanan

3.2.2 Tinggi Penyemprotan Efektif

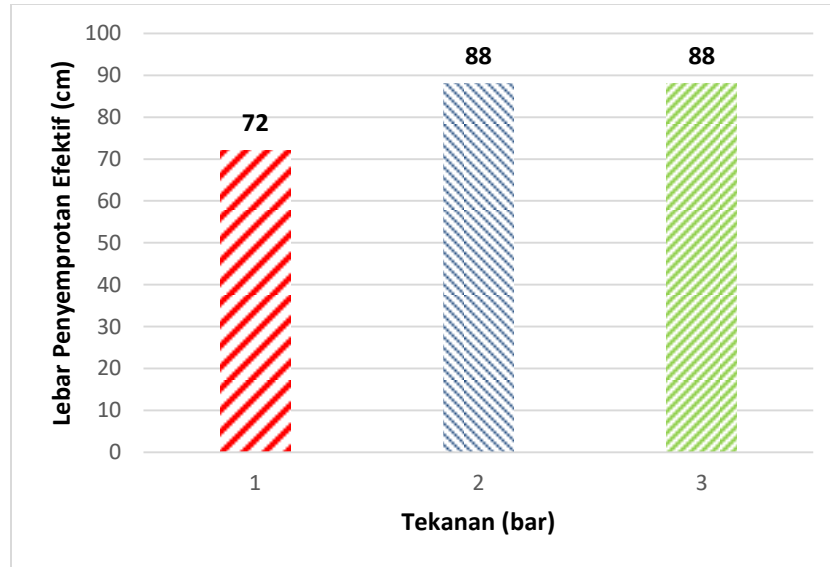
Tinggi penyemprotan efektif merupakan nilai posisi optimal pada saat penyemprotan di lahan. tinggi penyemprotan efektif tiap perbedaan tekanan ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Tinggi penyemprotan efektif tiap tekanan

3.2.3 Lebar Penyemprotan Efektif

Lebar penyemprotan efektif merupakan nilai lebar penyemprotan yang optimal pada saat penyemprotan di lahan. Nilai lebar penyemprotan efektif pada tiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 11.

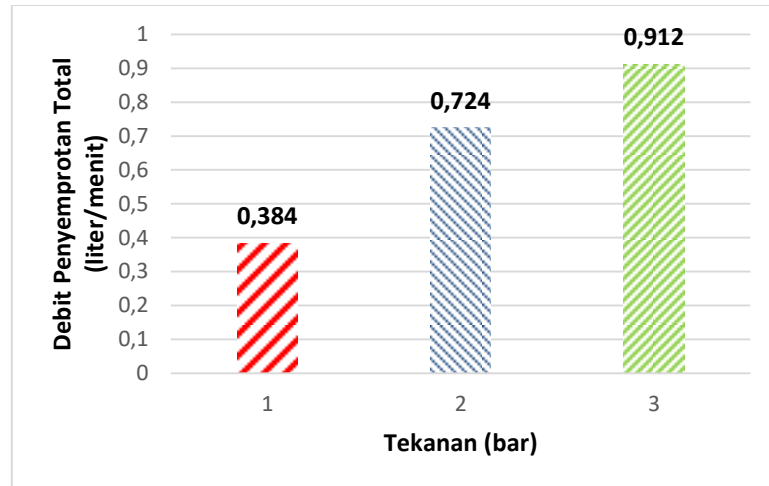


Gambar 11 Lebar penyemprotan efektif tiap tekanan

Nilai lebar penyemprotan efektif terbesar adalah pada tekanan 2 bar dan tekanan 3 bar yaitu sebesar 88 cm. Nilai lebar penyemprotan efektif terkecil adalah pada tekanan 1 bar yaitu sebesar 72 cm. Berdasarkan nilai lebar penyemprotan efektif tiap tekanan, pada tekanan 2 bar dan 3 bar adalah yang paling optimum karena memiliki nilai lebar penyemprotan efektif yang besar.

3.2.4 Debit Penyemprotan

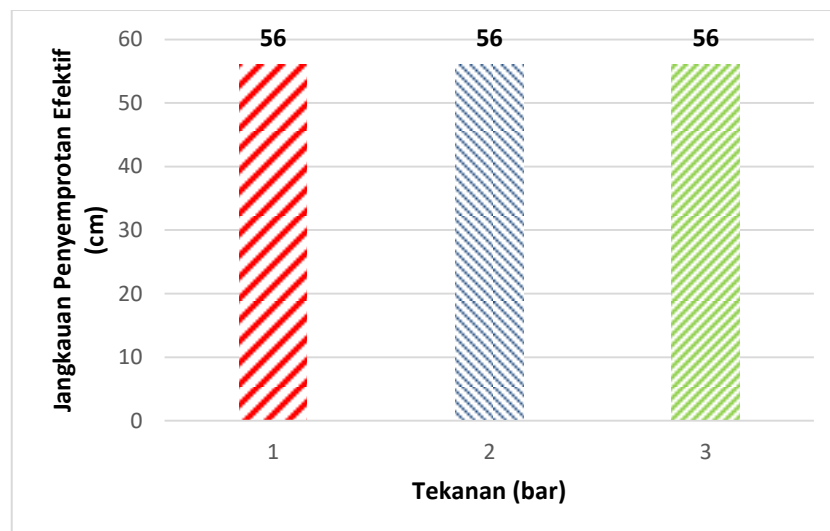
Debit penyemprotan merupakan parameter untuk mengetahui besar volume larutan yang terpakai saat penyemprotan per satuan waktu. Nilai debit penyemprotan total untuk setiap tekanan ditunjukkan pada Gambar 12



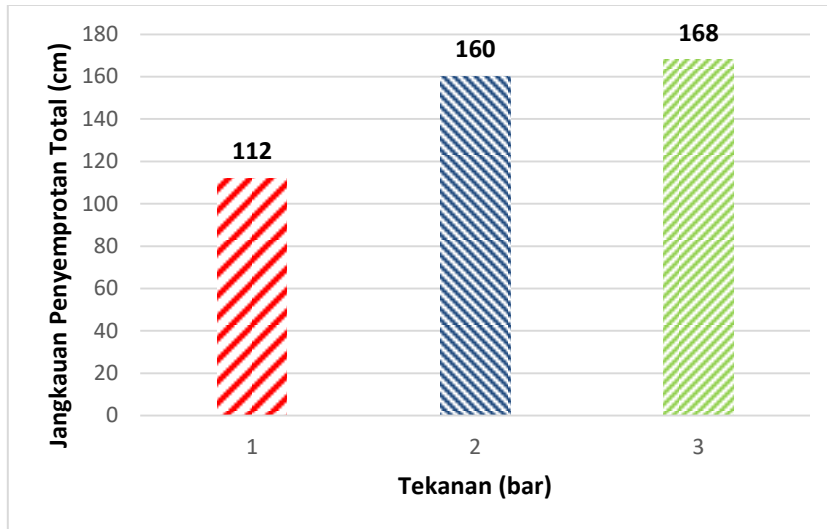
Gambar 12 Debit penyemprotan total tiap tekanan

3.2.5 Jangkauan Penyemprotan

Jangkauan penyemprotan adalah besar jangkauan semprot yang dihasilkan oleh sprayer. Jangkauan penyemprotan sangat dipengaruhi oleh tekanan cairan dari sprayer elektrik. Hasil uji jangkauan penyemprotan pada sprayer terdapat dua macam, yaitu jangkauan penyemprotan total dan jangkauan penyemprotan efektif. Jangkauan penyemprotan efektif adalah jangkauan yang dapat dicapai dari ujung penghembus sampai batas area yang terkena semprot secara efektif pada saat penyemprotan. Jangkauan penyemprotan total adalah jangkauan semprot total yang keluar dari nosel air blower sampai titik area yang terkena semprot. Nilai jangkauan penyemprotan efektif ditunjukkan pada Gambar 13 dan nilai jangkauan penyemprotan total ditunjukkan pada Gambar 14.



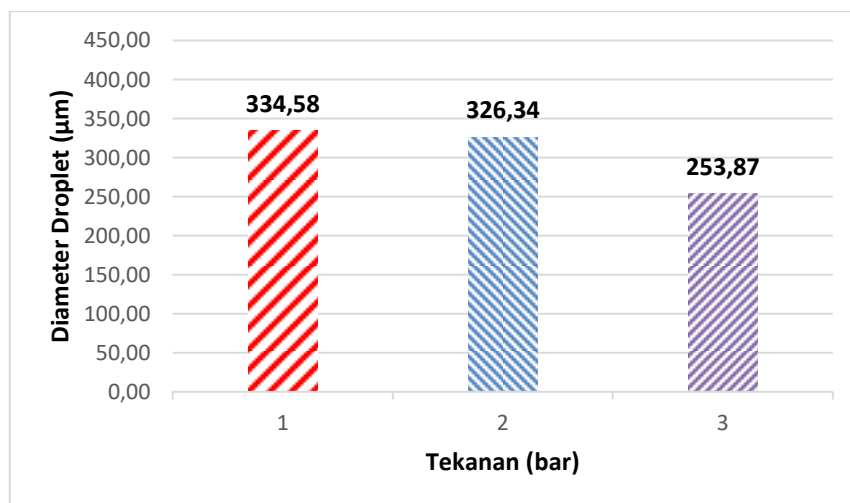
Gambar 13 Jangkauan penyemprotan efektif tiap tekanan



Gambar 14 Jangkauan penyemprotan total tiap tekanan

3.2.6 Diameter Droplet

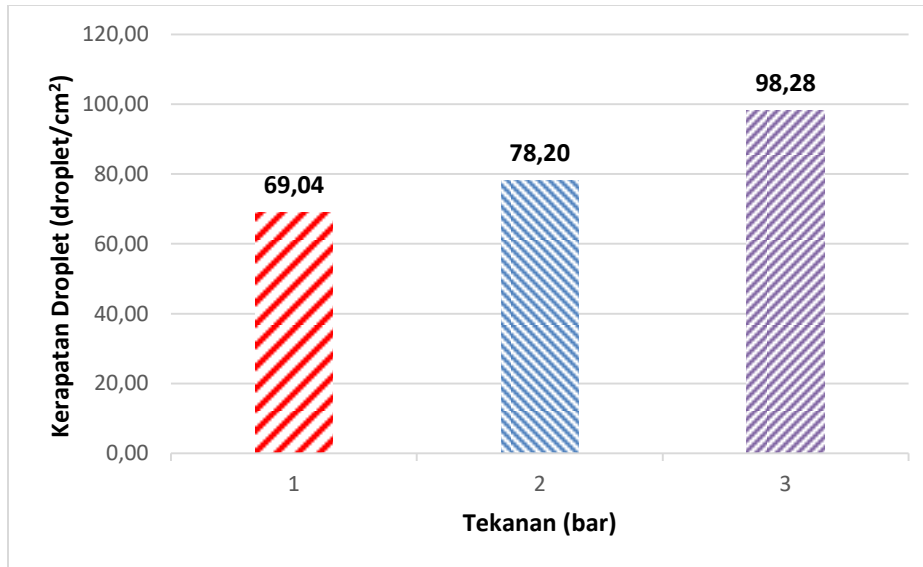
Ukuran diameter droplet sangat memengaruhi efektivitas penyemprotan karena besarnya diameter droplet menentukan sulit atau mudahnya cairan herbisida masuk kedalam stomata pada daun gulma. Ukuran droplet yang semakin kecil menyebabkan semakin mudahnya cairan masuk ke dalam stomata. Nilai diameter droplet pada tiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Diameter droplet tiap tekanan

3.2.7 Kerapatan Droplet

Nilai kerapatan droplet juga memengaruhi nilai efektivitas penyemprotan. Sebaran droplet yang semakin rapat mampu mendistribusikan cairan herbisida lebih banyak secara merata ke stomata. Nilai kerapatan droplet tiap tekanan ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Kerapatan droplet tiap tekanan

3.2.8 Optimasi Tekanan Cairan

Optimasi tekanan cairan bertujuan untuk mengetahui tekanan cairan yang paling baik digunakan pada saat penyemprotan. Parameter pembobotan antara lain berdasarkan diameter droplet, kerapatan droplet, lebar penyemprotan efektif, debit penyemprotan efektif, dan jangkauan penyemprotan efektif. Berikut hasil pembobotan tekanan cairan, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil pembobotan tekanan pada sprayer

No	Parameter Uji	Presentase pembobotan (%)	Nilai terboboti		
			P1	P2	P3
1	Diameter <i>droplet</i>	30	0,6	0,3	0,9
2	Kerapatan <i>droplet</i>	25	0,5	0,25	0,75
3	Lebar penyemprotan efektif	20	0,2	0,4	0,4
4	Debit penyemprotan efektif	15	0,45	0,3	0,15
5	Jangkauan penyemprotan efektif	10	0,3	0,3	0,3
Jumlah			1,85	1,35	2,3
Ranking			2	3	1

Berdasarkan Tabel 8 diatas, diperoleh tekanan cairan paling optimum menggunakan tekanan 3 bar (P3) dengan nilai terbobot sebesar 2,3. Tekanan yang memiliki nilai terbobot terendah adalah pada tekanan 2 bar.

IV SIMPULAN

Prototipe Robot telah dibuat dan mampu beroperasi pada lahan diantara bedengan menggunakan komponen bluetooth-hc05 sebagai sistem kendali dari smarthphone ke mikrokontroler. Hasil uji kinerja robot ini menunjukkan bahwa robot pada saat diberi pembebanan maksimal sebesar 50 liter air dapat melaju dengan kecepatan sebesar 0,364 m/s di tanah dan sebesar 0,799 m/s di aspal dengan slip roda rata-rata sebesar 20,32 % di tanah dan sebesar 5,27 % di aspal.

Hasil uji kinerja sprayer di laboratorium yang paling optimum diperoleh pada tekanan 3 bar (P3) yang mampu menghasilkan diameter droplet sebesar 234,02 μm , kerapatan droplet sebesar 140,68 droplet/cm², lebar penyemprotan efektif sebesar 88 cm, debit penyemprotan efektif sebesar 0,784 liter/menit dan jangkauan penyemprotan efektif serta jangkauan penyemprotan total masing-masing sebesar 56 cm dan 168 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *Buku Penunjuk Praktikum Mekanisasi Pertanian*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Audli R, Sulistiyanti SR, Trisanto A. 2014. Rancang Bangun Alat Ukur Portable 9 Titik Kecepatan Aliran Sungai (Open Channel) Nirkabel Berbasis PC. *Electrician* 8(2):68-81.
- Awulu J, Sohotshan P. 2012. Evaluation of a Developed Electrically Operated Knapsack Sprayer. *International Journal of Science and Technology* 2(11).
- Bishop O. 2007. *Robot's Builder Cookbook: Build and Design Your Own Robots*. Oxford (UK): Elsevier ltd.
- Bishop, Judith & Horspool, Nigel. 2004. *C# Concisely*. London (UK): Addison Wesley.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2010. *Budidaya dan Pacapanen Cabai Merah (Capsicum annum L.)*. Ungaran (ID): Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah.
- Caniago ZB. 2007. Aplikasi Mikrokontroler untuk Sistem Perparkiran. *tes jurnal* 3(1):200-203.
- Djojsumarto P. 2008. *Teknik Aplikasi Pestisida Pertanian*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Fitrisya LD, Yusniar HD, Nikie AYD. 2018. Hubungan masa kerja, lama kerja, lama penyemprotan dan frekuensi penyemprotan terhadap kadar kolinesterase dalam darah pada petani di desa Sumberejo kecamatan Ngablak kabupaten Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6(6):128-134.
- Hana Rafidah. 2021. *Kinerja Air Blower Untuk Pengendalian Gulma Pada Berbagai Pengaturan Jumlah Baling-Baling dan Tipe Nosel Air Blower [skripsi]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Harpenas, A. dan Dermawan, R. 2015. *Cabai Unggul*. Jakarta (ID): Penerbit Swadaya. Kementerian Pertanian.
- Joi I, Anggraini T. 2014. Aplikasi Pengisian Bak Air dan Kran Otomatis dengan Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Elektron*. 5(1):43-52.
- Junaidi, Prabowo YD. 2018. *Project Sistem Kendali Elektronik berbasis ARDUINO*. Lampung (ID) : CV. Anugrah Utama Raharja.
- Kaura HK, Honrao V, Patil S, Shetty P. 2013. Gesture Controlled Robot using Image Processing. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence* 2(5).

- Khumaedi A, Soedjarwanto N, Trisanto A. 2014. Otomatisasi Pengereman Motor DC Secara Elektris Sebagai Referensi Sistem Keamanan Mobil Listrik. *Electrician* 8(1):31-36.
- Mualim, K. *Analisis faktor risiko yang berpengaruh terhadap kejadian keracunan pestisida organofosfat pada petani penyemprot hama tanaaman di Kecamatan Bulu Kabupaten Temanggung*. 2002.
- Paat FJ, Pelealu J, Manueke J. 2012. Produksi Kubis dan Persentase Serangan *Crocidolomia pavonana* pada beberapa Pola Tanaman Kubis. *EUGENIA* 18(1).