

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 4, No. 2, Oktober 2016



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA). JTEP terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Sehubungan dengan banyaknya naskah yang diterima redaksi, maka sejak edisi volume 4 No. 1 tahun 2016 redaksi telah meningkatkan jumlah naskah dari 10 naskah menjadi 15 naskah untuk setiap nomor penerbitan, tentunya dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi *online*. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energy alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

**Penanggungjawab:**

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia  
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**Dewan Redaksi:**

Ketua : Wawan Hermawan (Institut Pertanian Bogor)  
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)  
Kudang B. Seminar (Institut Pertanian Bogor)  
Daniel Saputra (Universitas Sriwijaya, Palembang)  
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)  
Y. Aris Purwanto (Institut Pertanian Bogor)  
M. Faiz Syuaib (Institut Pertanian Bogor)  
Salengke (Universitas Hasanuddin, Makasar)  
Anom S. Wijaya (Universitas Udayana, Denpasar)

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Rokhani Hasbullah  
Sekretaris : Lenny Saulia  
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah  
Anggota : Usman Ahmad  
Dyah Wulandani  
Satyanto K. Saptomo  
Slamet Widodo  
Liyantono  
Sekretaris : Diana Nursolehat

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 4 No. 2 Oktober 2016. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Ade M. Kramadibrata, (Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Bambang Purwanto, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Tineke Madang, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Siswoyo Soekarno, M.Eng (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya), Dr.Ir. Nugroho Triwaskito, MP (Prodi. Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Malang), Dr.Ir. Lady Corrie Ch Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si. (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Yazid Ismi Intara, SP.,M.Si. (Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman), Dr. Ir. Supratomo, DEA (Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr. Suhardi, STP.,MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastira, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold O. Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Sugiarto (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. M. Yanuar J. Purwanto, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Chusnul Arief, STP., MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor).

*Technical Paper*

## **Desain dan Pengujian Prototipe Sistem Kontrol Mesin Sprayer Dosis Variabel untuk Aplikasi Penyemprotan Pertanian Presisi**

### *Design and Prototype Testing of Control Systems of Sprayer Machine on Variable Dose for Precision Farming Spraying Application*

Muhammad Rizal, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: rizalmuhammad08@gmail.com

I Dewa Made Subrata, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor.

Email: dewamadesubrata@yahoo.com

Radite Praeko Agus Setiawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor.

Email: iwan\_radit@yahoo.com

#### **Abstract**

*Presently. Rise of crop production often face major obstacle, such as plant disease and pests. Crop losses can occur when plant disease and pests are not treated properly. However, excessive use of chemical pesticide cause environmental damage. The objective of present study was to develop and evaluate control system of variable rate sprayer and its performance for precision farming. The methods consist of some sequential steps i.e. measuring disease and pest intensity and determine its respective dose then input it in microcontroller grid sequence; controlling several sprayer components, i.e. pump motor, solenoid valve, and proximity sensor for plant detection; and conducting performance test of sprayer prototype based on microcontroller data input. The results showed that in order to obtain appropriate flow rate correspond to disease and pest intensity, a PWM (pulse width modulation) ranged of 100-250, 217-592 rpm of motor speed, 2-10 sec/plant of spray duration, and 4-11 ml/s of flow rate, were used. The field test with data input, i.e. 120 plants, with 8.1% and 15.5% of disease intensity, 10 and 8.3 ml/sec/row (10m/row), and 20 and 60 sec/plant of spray duration; generated average actual results with 10.2 and 7.8 ml/sec/row of flow rate and 23.2 and 64.3 sec/plant of spray duration. The field test also indicates 91% of precision time of application.*

**Keyword:** pulse width modulation (PWM), control, flow rate, cabbage

#### **Abstrak**

Peningkatan produksi tanaman seringkali dihadapkan adanya gangguan hama dan penyakit. Kerugian besar bahkan kegagalan panen dapat terjadi bila gangguan tersebut tidak diatasi dengan baik. Penggunaan pestisida yang berlebihan membahayakan lingkungan dan kehidupan manusia akibat zat kimia yang terdapat pada pestisida. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang, pabrikasi dan menguji kinerja prototipe sistem kontrol mesin sprayer dosis variabel untuk aplikasi penyemprotan pertanian presisi. Metode pengujian yang digunakan yaitu input intensitas serangan hama, dosis semprotan tiap serangan, dan urutan grid pada mikrokontroler, mengontrol komponen sprayer seperti motor pompa, solenoid valve, dan sensor jarak deteksi tanaman, menguji kinerja prototipe mesin sprayer berdasarkan input yang diberikan pada mikrokontroler, dan melakukan penyemprotan secara presisi. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa untuk mencapai debit semprotan yang sesuai dengan intensitas serangan hama digunakan PWM 100-250, kecepatan motor 217-592 rpm, lama semprotan 2-10 detik/tanaman, dan debit 4-11 ml/detik. Hasil pengujian lapangan pada 120 tanaman dilakukan penyemprotan dengan debit 10 ml/detik setiap blok sepanjang 10 m pada intensitas serangan hama 8.1% diperoleh lama semprotan 20 detik. Sedangkan penyemprotan dengan debit 8.3 ml/detik per blok tanaman yang sama pada intensitas serangan hama 15.5% diperoleh lama semprotan 60 detik. Sehingga hasil pengujian lapang diperoleh lama penyemprotan rata-rata 23.2 detik dengan debit semprotan aktual 10.2 ml/detik dan 64.3 detik untuk debit semprotan aktual 7.8 ml/detik. Perbandingan antara prediksi dan aktual diperoleh akurasi penyemprotan sebesar 91%.

**Kata kunci:** PWM, kontrol, debit, tanaman kubis

*Diterima: 02 Maret 2016; Disetujui: 13 Mei 2016*

## Latar Belakang

Perlindungan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit menggunakan pestisida, khususnya di Indonesia, masih dilakukan secara berlebihan tanpa pengontrolan dosis yang tepat. Dimana penggunaan pestisida khususnya yang bersifat sintesisberkembang luas karena dianggap paling cepat dan ampuh mengatasi gangguan hama. Namun, penggunaannya ternyata menimbulkan kerugian seperti resistensi hama, resurgensi hama, terbunuhnya musuh alami dan masalah pencemaran lingkungan dan sangat berbahaya bagi manusia (Kardinan, 2001).

Kondisi serangan yang berbeda-beda, menyebabkan perbedaan akan kebutuhan dosis pestisida pada tiap tanaman. Oleh karena itu kebiasaan petani dalam mengatasi serangan hama dan penyakit perlu dirubah dengan cara melakukan penyemprotan pestisida hanya pada tanaman yang terjangkit. Tapi permasalahannya sekarang petani melakukan penyemprotan tanpa mengetahui distribusi serangan hama. Volume dan dosis pestisida yang seragam disemprotkan pada tanaman dengan jangkit penyakit yang berbeda sehingga menyebabkan penggunaan pestisida yang berlebihan pada tanaman.

Penentuan tingkat identifikasi serangan hama pada tanaman kubis sangat diperlukan sebagai acuan dalam penyemprotan tanaman presisi. Selama ini petani melakukan pemberantasan hama pada tanaman kubis tidak melakukan perhitungan tingkat serangan hama pada tanaman sehingga proses penyemprotannya berdasarkan keinginan petani bukan sesuai kebutuhan tanaman. Adapun metode penentuan tingkat serangan hama yang dilakukan petani dengan cara pengamatan langsung tanpa melalui perhitungan tertentu. Sehingga penentuan jumlah dosis yang akan diberikan tiap tanaman tidak diketahui.

Penggunaan pestisida terhadap hama secara presisi merupakan hal yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan pengendalian hama dan penyakit, dimana penggunaan pestisida yang berlebihan atau tidak sesuai akan membahayakan lingkungan dan kehidupan manusia akibat zat kimia yg terdapat pada pestisida. Karena itu untuk proses penggunaan pestisida secara presisi dibutuhkan teknologi yang mampu mengontrol dosis pestisida pada saat penyemprotan.

Tujuan dari penelitian ini untuk merancang, pabrikasi dan menguji kinerja prototipe mesin sprayer 2 alur dengan sistem kontrol pada dosis variabel untuk aplikasi penyemprotan presisi.

## Bahan dan Metode

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember

2014 – Desember 2015, bertempat di laboratorium Mekatronika dan Robotika bagian Teknik Mesin dan Otomasi, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fateta IPB dan pengujian lapangan dilaksanakan di lahan Teaching Farm Sadifa Fakultas Pertanian IPB.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dibedakan menjadi peralatan konstruksi untuk pembuatan prototipe, 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 tipe DT-2234C*, *stopwatch*, meteran, dan gelas ukur/tabung ukur. Rangkaian elektronika pendukung, seperti sakelar, adaptor dan pengaman beban lebih (sekring). Peralatan untuk pembuatan desain antara lain komputer dan software solidworks 2011 untuk pembuatan desain sistem mekanik, proteus 7 profesional untuk pembuatan rangkaian mikrokontroler, dan arduino 1.0.6 untuk pembuatan program mikrokontroler.

Bahan yang digunakan untuk konstruksi mesin adalah (1) plat baja berbagai ukuran, (2) baut dan mur berbagai jenis, dan (3) besi poros berbagai ukuran (4) nozzle, dan (5) sprayer elektrik. Bahan yang digunakan untuk rangkaian mikrokontroler adalah (1) arduino mega 2560, (2) sensor Ultrasonic SR 04, (3) motor shield L293D, (4) motor DC, (5) selenoid valve, (6) DI-Smart Rotary Encoder (sensor kecepatan motor) dan (7) bahan habis pakai untuk pengujian (pestisida, air, dan tanaman kubis).

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan kaidah perancangan (pengembangan) dengan beberapa tahapan. (1) Studi pustaka. (2) Identifikasi sistem. (3) Menganalisis komponen mesin yang akan dikembangkan. (4) Merancang/memodifikasi sistem mekanik mesin sprayer. (5) Merancang/memodifikasi perangkat keras sistem kontrol. (6) Pengujian fungsional prototipe mesin sprayer. (7) Kalibrasi prototipe mesin sprayer. (8) Pengujian laboratorium kinerja prototipe mesin sprayer. (9) Pengujian lapangan dan pengambilan data kinerja prototipe mesin sprayer.

### Rancangan Fungsional

Secara keseluruhan konsep pengembangan sistem kontrol prototipe mesin sprayer dosis variabel untuk aplikasi penyemprotan pertanian Presisi dapat dilihat pada Gambar 1. Komponen yang digunakan beserta fungsinya pada prototipe mesin yang dibuat sebagai berikut:

a. Arduino mega 2560 merupakan mikrokontroler yang berfungsi untuk mengontrol penyemprotan

yang berdasarkan atas input dosis pestisida, input intensitas serangan hama dan input urutan grid semprotan pada program, mengontrol sensor deteksi tanaman (sensor *Ultrasonic SR 04*), mengontrol kecepatan motor DC, mengontrol DI-Smart Rotary Encoder (sensor kecepatan motor) dan mengontrol solenoid valve.

- b. Sensor *Ultrasonic SR 04* berfungsi untuk mendeteksi tanaman kubis berdasarkan tinggi tanaman yang digunakan sebagai dasar penentuan ketinggian nozzle.
- c. Nozzle (*cone nozzle*) digunakan untuk menghasilkan semprotan yang sesuai dengan luas kanopi tanaman kubis.
- d. Motor pompa sprayer berfungsi sebagai penghasil semprotan yang berdasarkan atas PWM kecepatan putaran motor.
- e. Solenoid valve berfungsi sebagai kran otomatis dengan sistem buka tutup katup solenoid untuk keluaran debit semprotan sprayer.
- f. DI-Smart Rotary Encoder (sensor kecepatan motor) berfungsi untuk mengukur kecepatan motor pompa pada saat penyemprotan.
- g. Led berfungsi sebagai indikator sensor jarak pada saat deteksi tanaman.

### Rancangan Struktural

Prototipe mesin sprayer yang dibuat terdiri atas beberapa komponen yaitu unit pengontrol, komponen sensor dan sprayer elektrik.

### Prototipe mesin sprayer

Desain mesin sprayer terdiri atas beberapa komponen utama yaitu (1) Sprayer elektrik kapasitas tangki 16 liter, Charger 100-240 volts, Output 12V DC 1000 mA dan kapasitas pompa 12 volts, tekanan Max 40 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) Nozzel (*cone nozzle*). (4) Solenoid valve spesifikasi tegangan kerja 12 volt, tekanan operasi 0.02-0.8 MPa. (5) Sensor deteksi tanaman (sensor *Ultrasonic SR 04*) spesifikasi jangkauan deteksi 2-500 cm, sudut deteksi 15 derajat, tegangan kerja 5 volt, resolusi 1 cm, dan frekuensi 40 kHz. Pengaturan kecepatan aliran pada prototipe mesin sprayer diatur dengan mikrokontroler arduino mega 2560 dengan pengaturan PWM melalui kecepatan motor yang menghasilkan tekanan air untuk menghasilkan debit semprotan yang sesuai dengan konsentrasi serangan hama pada tanaman.

### Algoritme pengendalian dan rancangan sistem kontrol

Unit pengontrol berfungsi untuk mengontrol keseluruhan sistem, salah satunya sebagai pengatur dosis berdasarkan nilai PWM dan lama semprotan pada mikrokontroler untuk mengatur

putaran kecepatan motor sprayer. Adapun prinsip kerja sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 2.

### 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, (2) uji deteksi tanaman dengan ultrasonik, (3) uji kalibrasi alat ukur, dan (4) uji kendali solenoid valve saat penyemprotan.

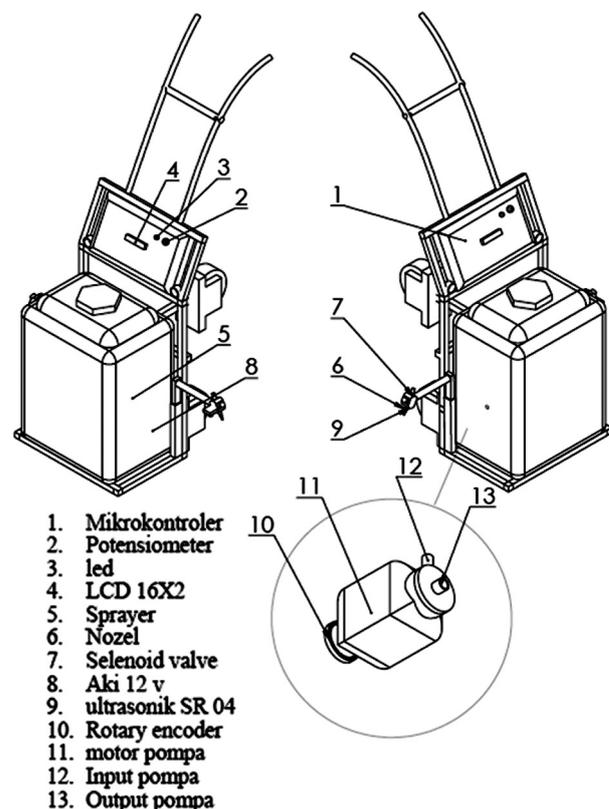
### Pengujian kalibrasi alat ukur putaran motor dan jarak

Sensor penghitung putaran atau *rotary encoder* akan dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pengukuran dan pengujian. Setelah didapatkan faktor koreksi dari hasil regresi data yang dihasilkan, faktor tersebut dimasukkan kedalam program dan diunduh ke dalam mikrokontroler. Selain penghitung putaran, alat pengukur jarak (sensor ultrasonik) juga dikalibrasi menggunakan alat ukur yang sudah terstandar.

### Pengujian laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan untuk menguji kinerja kontrol dengan beberapa tahap yaitu:

- 1) Mengukur kecepatan motor dengan 4 nilai PWM yang ditentukan yaitu (100, 150, 200 dan 250) dengan *tachometer tipe DT-2234C* dan



Gambar 1. Sketsa modifikasi prototipe mesin sprayer.

rotary encoder, dan mengukur tegangan yang digunakan berdasarkan 4 nilai PWM dengan menggunakan multimeter.

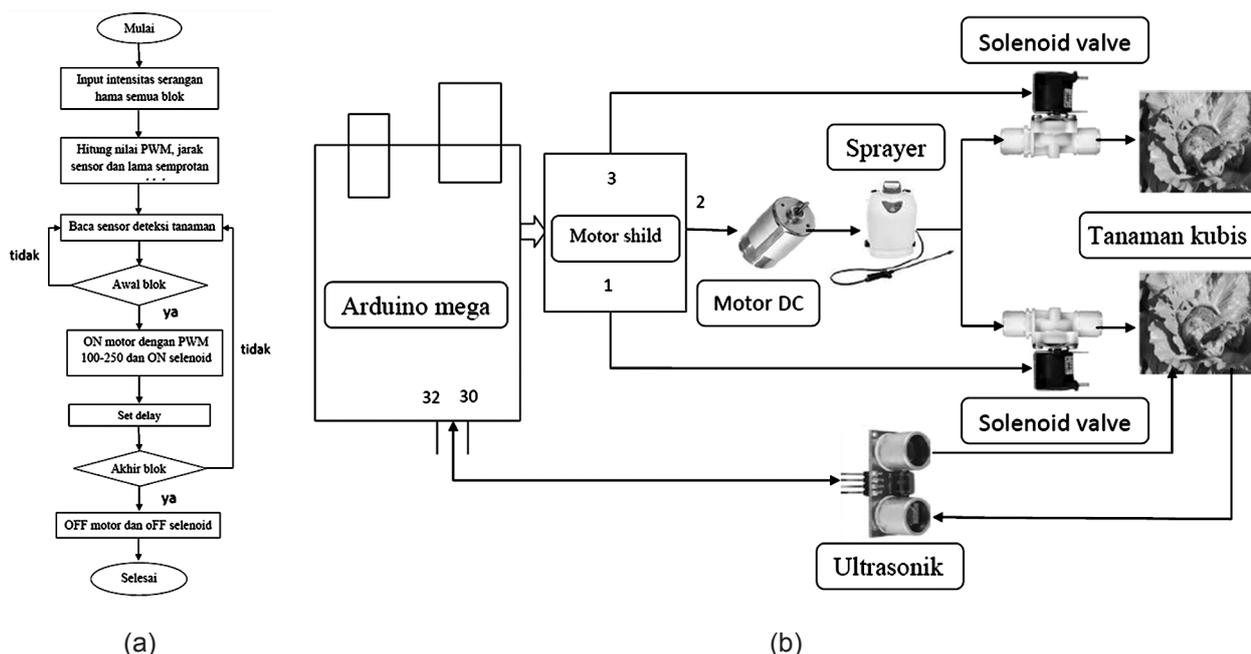
- 2) Mengukur ketepatan deteksi sensor jarak (*Ultrasonic SR 04*) menggunakan 5 jarak yang ditentukan yaitu (10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm) berdasarkan alat ukur meteran dengan 3 kali ulangan pengujian. Ini dilakukan dengan tujuan menyesuaikan pembacaan jarak pada sensor dengan jarak yang sebenarnya pada meteran agar pada saat pengaplikasian pada tanaman sesuai dengan jarak tanaman.
- 3) Mengukur volume semprotan pada sprayer dengan 4 PWM yaitu (100, 150, 200 dan 250). Pengukuran ini dilakukan dengan menyemprotkan sprayer pada tabung ukur berdasarkan waktu yaitu (1-10 detik) dengan kondisi kedua solenoid dalam keadaan terbuka/ menyemprot.
- 4) Menguji ketepatan posisi semprotan pada 10 model tanaman dengan jarak tanam sesuai tanaman kubis yaitu 50 cm dengan jarak total pengujian yaitu 5 m. Pengujian ini menggunakan 2 perlakuan waktu mulai ON motor dan solenoid setelah tanaman terdeteksi yaitu dengan operator berhenti dan tanpa berhenti untuk 4 PWM yaitu (100, 150, 200 dan 250). Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase ketepatan posisi semprotan sprayer dengan skala persentase semprotan yaitu (20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%).

tanam 50 cm x 50 cm. Penyemprotan dilakukan pada lahan yang terdiri dari 6 bedengan dengan lebar tiap bedengan 180 cm, bedengan terdiri dari 2 blok dengan panjang tiap blok 10 m, jarak antara 2 bedengan 40 cm dan panjang tiap bedengan 20 m (Gambar 3). Tahapan pengujian lapangan meliputi:

1. Menyiapkan modifikasi protipe mesin sprayer yang telah dibuat dan diuji di laboratorium.
2. Melakukan uji penyemprotan pada beberapa tanaman berdasarkan data hasil pengujian fungsional dan kalibrasi alat yang telah dilakukan di laboratorium. Adapun variabel yang diuji dan diukur pada saat pengujian lapangan yaitu ketepatan deteksi tanaman dan ketepatan waktu semprotan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja protipe sprayer pada pengujian lapangan sesuai dengan yang diinginkan.
3. Melakukan uji kesesuaian lama penyemprotan, berdasarkan nilai PWM motor pompa, dan menghitung hasil debit semprotan berdasarkan persentase serangan hama pada tanaman.
4. Pengujian penyemprotannya secara keseluruhan dilakukan per blok tanaman dengan terlebih dahulu menentukan objek tanaman yang terkena penyakit dengan kategori serangan hama sedang dan serangan hama banyak. Berdasarkan kategori serangan hama tersebut maka dilakukan pengujian penyemprotan dengan kode P1 (penyiraman sedang volume 20 ml air dengan intensitas serangan hama 1 – 10%), dan P2 (penyiraman banyak dengan volume 50 ml air dengan intensitas serangan hama 11 – 20%) dimana volume semprotan yang digunakan berdasarkan acuan dari asumsi serangan hama pada tanaman. Adapun model penyiramannya dapat dilihat pada Gambar 3.

**Prosedur pengujian lapangan**

Pengujian lapangan dilakukan pada lahan dengan sistem penanaman model bedengan dimana pada satu bedengan terdapat 2 jalur tanaman, jarak



Gambar 2. (a) Diagram alir sistem kontrol dan (b) Skema pengendalian sistem control.

**Akuisisi dan pengolahan data**

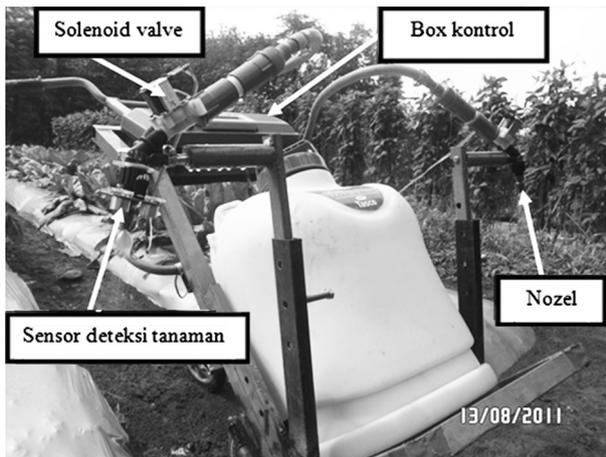
Analisis dilakukan dengan membandingkan data yang diinput pada mikrokontroler dengan data hasil pengukuran dilapangan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = V/t \tag{1}$$

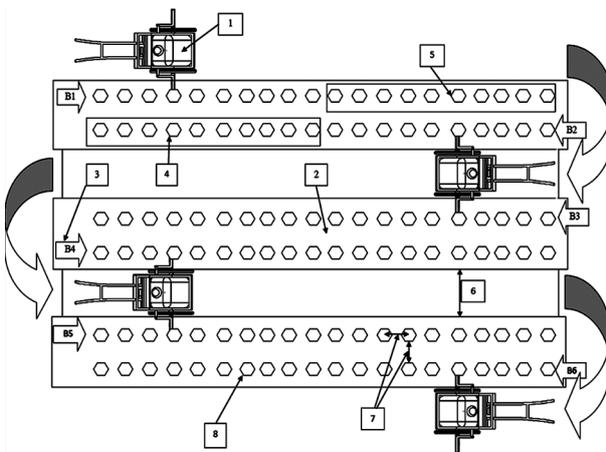
Dimana Q adalah debit semprotan (ml/detik), V adalah volume semprotan (ml), dan t adalah waktu/lama semprotan yang digunakan tiap tanaman (detik).

$$v = s / t \tag{2}$$

adapun v adalah kecepatan maju alat (m/detik), s adalah jarak lahan (m), dan t adalah waktu/lama pengaplikasian alat pada saat penyemprotan (detik). Dalam penelitian ini parameter yang menjadi pengamatan adalah kecepatan maju, lama semprotan dan volume semprotan. Nilai PWM dan lama semprotan pada mikrokontroler merupakan acuan pada saat penyemprotan.



Gambar 3. Mekanisme pengujian lapangan.



Keterangan: (1) sprayer, (2) bedengan, (3) Baris tanaman (B1-B6), (4) blok tanaman (V=200 ml), (5) blok tanaman (V=500 ml), (6) jarak antara bedengan (40 cm), (7) jarak tanaman (50 cm x 50 cm), (8) tanaman.

Gambar 4. Prototipe sprayer pestisida terkontrol.

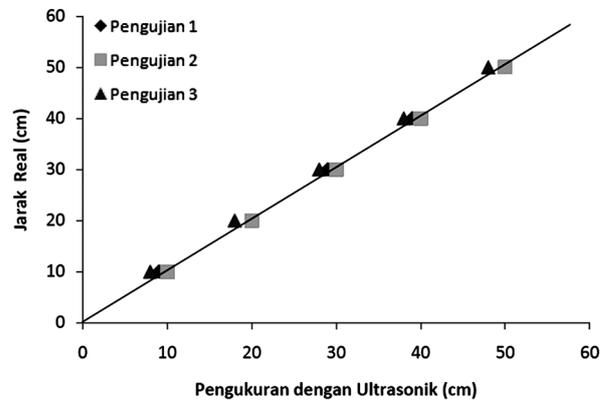
**Hasil dan Pembahasan**

**Hasil perancangan dan uji kinerja sistem kontrol**

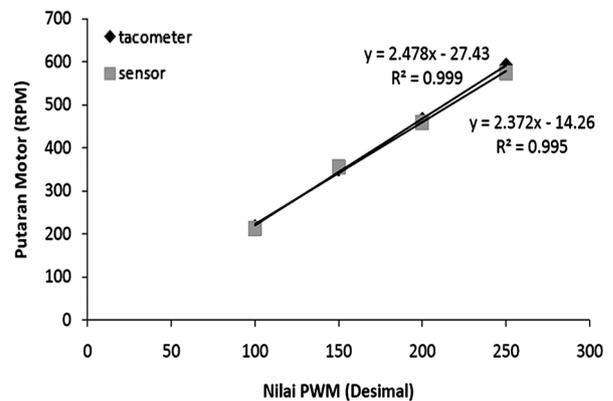
Kapasitas sistem kontrol pada kecepatan putaran motor berdasarkan nilai PWM dari 100-250 diperoleh kecepatan terendah pada PWM 100 dan tertinggi PWM 250. Kecepatan motor rata-rata 217 rpm dan 592 rpm. Volume hasil semprotan rata-rata 31 ml selama 2-10 detik dan 50.2 ml selama 2-10 detik. Pengujian kecepatan motor dilakukan dalam kondisi sprayer melakukan penyemprotan. Dan ini sesuai dengan pernyataan bahwa motor berputar pada PWM 100-255 perubahan kecepatan tidak begitu besar (Alghoffary 2014).

Berdasarkan pengujian validasi sensor *Ultrasonic SRF 04* diperoleh hasil pembacaan sensor *Ultrasonic SRF 04* yang berbeda dari jarak yang sesungguhnya sebesar 1 cm. Hal ini sesuai spesifikasi sensor *Ultrasonic SR 04* yang tercantum dalam (data sheet *Ultrasonic SR 04*) yaitu memiliki resolusi sebesar 1 cm. Hasil pengujian dapat dilihat pada (Gambar 5). Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa sensor jarak adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur jarak objek tertentu dan membaca posisi benda (Santoso 2013).

Berdasarkan pengujian kecepatan motor prototipe mesin sprayer dengan PWM 100, 150,



Gambar 5. Hasil pengujian dan kalibrasi sensor *Ultrasonic SR 04*.



Gambar 6. Hasil pengujian kecepatan motor saat penyemprotan.

200, dan 250 diperoleh rata-rata kecepatan putaran motor pompa yaitu 217 rpm, 351 rpm, 466 rpm, dan 592 rpm. Kecepatan motor sangat dipengaruhi oleh beban air yang digunakan dimana air memberikan tekanan pada motor sprayer yang menyebabkan menurunnya kecepatan putaran motor pada saat pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa kecepatan motor akan berubah dari setengah kecepatan penuh menjadi mendekati kecepatan penuh. Bagian yang berpengaruh pada transistor pengendali di dalam chip adalah tegangan rata-ratanya, dimana semakin besar *duty cycle*-nya maka akan semakin besar pula tegangan rata-ratanya sehingga arus yang mengalir ke beban motor juga semakin meningkat sehingga mempengaruhi kecepatan motor DC (Susilo 2010).

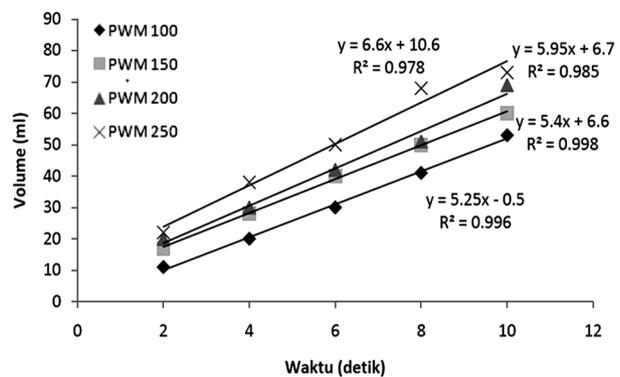
Berdasarkan pengujian ketepatan posisi penyemprotan sprayer pada model tanaman kubis diperoleh hasil yaitu lama penyemprotan 30.8 detik, kecepatan maju 0.162 m/s. Dalam kondisi operator berhenti tiap tanaman selama 1 detik maka diperoleh hasil ketepatan posisi penyemprotan sebanyak 83%. Dengan 4 nilai PWM yaitu 100, 150, 200, dan 250. Kemudian pengujian ketepatan posisi penyemprotan tanpa berhenti diperoleh hasil yaitu lama penyemprotan 26.17 detik, kecepatan maju 0.191 m/s, sehingga diperoleh hasil ketepatan posisi penyemprotan sebanyak 29% dengan 4 nilai PWM yaitu 100, 150, 200, dan 250. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat ditentukan nilai yang dibutuhkan untuk mencapai ketepatan posisi penyemprotan pada saat pengaplikasian prototipe sprayer (Gambar 7).

Berdasarkan hasil pengujian kinerja penyemprotan dimana kedua nozel dalam keadaan terbuka dengan pengaturan nilai PWM maka diperoleh hasil pengujian yaitu pada PWM 100, 150, 200, dan 250. Rata-rata volume semprotan 31 ml, 39.8 ml, 42.4 ml, dan 49.8 ml dengan lama semprotan rata-rata 6 detik. Hasil penyemprotan dipengaruhi oleh nilai PWM dan lama penyemrotan yang digunakan dengan kecepatan motor sprayer yang berbeda dimana semakin tinggi nilai PWM

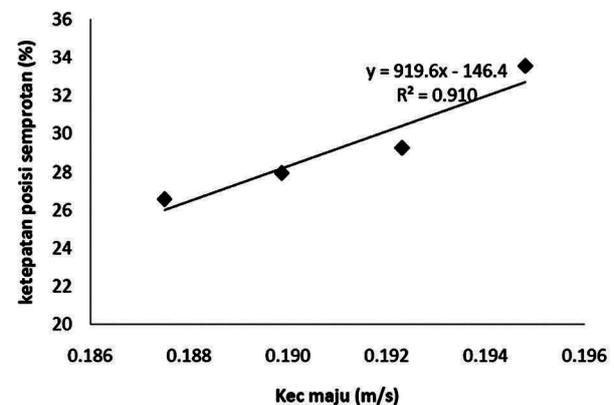
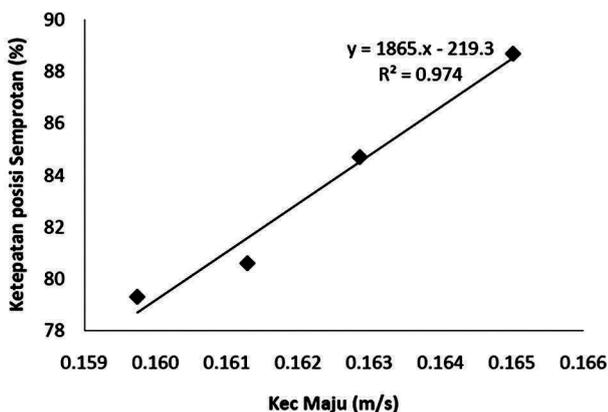
yang digunakan dan semakin lama waktu yang dibutuhkan pada saat penyemrotan akan menghasilkan volume semprotan yang semakin banyak. Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 8 dapat ditentukan nilai input PWM dan lama semprotan untuk mencapai hasil semprotan yang optimal pada tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa fluida yang bergerak di dalam pipa dianggap dalam kondisi "steady state" atau air dianggap mempunyai kecepatan yang konstan dari waktu ke waktu apabila melalui suatu pipa dengan diameter yang sama dan akan menghasilkan volume semprotan yang sama (Ilhamsyah 2015).

Hasil identifikasi serangan hama pada tanaman kubis berdasarkan titik serangan pada tanaman diperoleh serangan hama rata-rata 8.1% dan 15.5%, tinggi tanaman 42 cm, dan diameter tanaman 30 dan 45 cm. Berdasarkan persentasi serangan hama tersebut maka dapat ditentukan volume dan lama semprotan yang akan digunakan yaitu 200 ml dengan lama semprotan 20 detik/ blok tanaman untuk persentasi serangan hama dengan skala 1-10% dan 500 ml dengan lama semprotan 60 detik/blok tanaman untuk persentasi serangan hama dengan skala 11 – 20%.

Hasil pengujian lapangan menggunakan perlakuan PWM 150 dan 250, dengan debit semprotan 10 ml/detik per blok tanaman dan 8.3



Gambar 8. Hasil pengujian kesesuaian semprotan.



Gambar 7. Hasil pengujian ketepatan posisi penyemprotan.

Tabel 1. Hasil uji lapangan berdasarkan waktu dan debit semprotan sprayer.

Parameter pengamatan	PWM	D (cm)	Baris 1		Baris 2		Baris 3		Baris 4		Baris 5		Baris 6	
			P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
Waktu (s)	250	45	60	68	60	63	60	63	60	65	60	65	60	62
	150	30	20	25	20	26	20	26	20	19	20	19	20	24
Debit (ml/s)	250	45	8.3	7.4	8.3	7.9	8.3	7.9	8.3	7.7	8.3	7.7	8.3	8.1
	150	30	10	8	10	7.7	10	7.7	10	10.5	10	10.5	10	8.3

Keterangan: 1. Waktu (P: Perintah(s)) dan (R: Realisasi/pengukuran(s))  
2. Debit (P: Perintah(ml/s)) dan (R: Realisasi/perhitungan(ml/s)).

ml/detik per blok tanaman dengan waktu 20 dan 60 detik/blok tanaman. Diperoleh hasil pengujian rata-rata lama penyemprotan 23.2 detik dan 64.3 detik dengan debit semprotan berdasarkan perhitungan menghasilkan 8.8 ml/detik dan 7.8 ml/detik dengan ketelitian waktu pengaplikasian dosis 91%. Hasil pengujian lapangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Ketidak kesesuaian semprotan saat pengujian disebabkan oleh lebar jalur lintasan sprayer yang tidak sama, kecepatan jalan operator tidak terkontrol dan keadaan tanah yang basah menyebabkan roda sulit untuk berputar sehingga proses penyemprotan tidak sesuai dengan perintah pada mikrokontroler.

### Simpulan

1. Pengembangan prototipe sprayer elektrik dua penyemprotan dalam satu lintasan dapat diaplikasikan di lapangan.
2. Uji laboratorium menunjukkan bahwa untuk mencapai volume semprotan yang sesuai dengan tanaman, dibutuhkan PWM 100-250, kecepatan motor 217-592 rpm, tegangan yang digunakan 5.38-8.43 volt, dan untuk mencapai ketepatan posisi penyemprotan yang optimal dibutuhkan rata-rata kecepatan jalan 10 m/menit dengan posisi semprotan mencapai 83%.
3. Rata-rata kecepatan yang digunakan untuk melakukan penyemprotan lapangan pada 200 ml/blok tanaman adalah 0.43 m/s dengan lama semprotan 23.2 detik, sedangkan penyemprotan pada 500 ml/blok tanaman adalah 0.16 m/s dengan lama semprotan 64.3 detik, dengan PWM 150 dan 250.
4. Hasil pengujian lapangan pada 120 tanaman menggunakan debit semprotan 10 ml/detik per blok tanaman pada intensitas serangan hama 8.1%, dan debit semprotan 8.3 ml/detik per blok tanaman pada intensitas serangan hama 15.5%, memperoleh debit semprotan rata-rata 10.2 ml/detik dan 7.8 ml/detik dengan ketelitian lama penyemprotan sprayer 91%.

### Daftar Pustaka

- Alghoffary, R. 2014. Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Alat Ekstraktor Madu Menggunakan Kontroler PID. *Jurnal Mahasiswa TEUB* 1(2).
- Ilhamsyah, R.T., D. Triyanto. 2015. Prototipe Sistem Keran Air Otomatis Berbasis Sensor Flowmeter pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura* 3(3).
- Kardinan, A. 2001. Pestisida Nabati, Ramuan dan Aplikasi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Santoso, A.B. 2013. Pembuatan Otomasi Pengaturan Kereta Api, Pengereman, Dan Palang Pintu Pada Rel Kereta Api Mainan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1(1).
- Susilo, D., R.A. Nugroho. 2010. Wall Following Algorithm. UKSWS-Press. Salatiga.

Halaman ini sengaja dikosongkan