



## Mempelajari Penerapan Sistem Fuzzy Pada Alat Pemupuk Granula

### (*Studying Fuzzy System Applications on Granule Fertilizers*)

Nur Amaliya Fahdrianty<sup>1\*)</sup>, Abdul Waris<sup>2)</sup> dan Muhammad Tahir Sapsal<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Keteknikan Pertanian Universitas Hasanuddin

<sup>2)</sup> Program Studi Keteknikan Pertanian Universitas Hasanuddin

<sup>3)</sup> Program Studi Keteknikan Pertanian Universitas Hasanuddin

<sup>\*)</sup> Email korespondensi: fahdriantyicha@gmail.com

### ABSTRAK

Peningkatan produksi jagung dapat dilakukan dengan program intensifikasi berupa pemupukan yang efektif dan efisien. Pemupukan yang efektif dan efisien sangat penting bagi hara tanaman untuk peningkatan produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja alat pemupuk dengan menggunakan sistem kendali *fuzzy logic*. Metode yang digunakan perancangan *software*, uji fungsional, uji kinerja alat dengan beban. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan sistem kendali *fuzzy logic* dapat bekerja dengan baik dimana *settling time* (*SP*) tercapai, tidak terjadi *overshoot* dan *error steady state*, serta *settling time* pendek yaitu  $\pm 5$  detik. Pada pengujian menggunakan pupuk hasil yang didapatkan sesuai dengan putaran kecepatan motor (*RPS*) dimana dapat dilihat pada uji *RPS=10* (*SP=10*) yaitu 11.99 g/s, *SP=30* yaitu 30.64 g/s, *SP=50* yaitu 50.70 g/s, *SP=60* yaitu 62.12 g/s, dan *SP=80* yaitu 80.14 g/s. Pada *RPS=10* (*SP=10*) hasil tersebut cocok untuk tanaman jagung pada umur 28 hari setelah tanam dimana kecepatan yang diinginkan sudah bekerja dengan baik, yang ditandai dengan keadaan stabil dengan *steady state error* tidak melebihi 5% dan semua bahan keluar dari alat dan tidak ada yang tercecer.

**Kata kunci:** Pemupukan, Alat penjajah, Sistem Kontrol, Fuzzy Logic.

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Salah satu komoditas yang memiliki peranan penting di bidang pangan dan pakan adalah jagung. Usaha peningkatan produksi jagung dapat dilakukan dengan program intensifikasi berupa pemupukan yang efektif dan efisien. Pemupukan yang efektif dan efisien sangat penting bagi hara tanaman untuk peningkatan produksi. Menurut Isrun (2006) hasil tanaman jagung terus meningkat seiring dengan meningkatnya dosis pupuk fosfat yang diberikan ke dalam tanah.

Dimana dalam kegiatan pertanian ini upaya yang dapat dilakukan antara lain

dengan menyuplai hara tanaman dan melindungi tanaman dari hama dengan menggunakan pestisida, namun pengaplikasiannya khususnya di Indonesia menggunakan perlakuan penanaman seragam. Metode ini menganggap bahwa lahan pertanian memiliki kondisi yang seragam, baik dari sifat kimia seperti hara atau nutrisi maupun sifat fisik seperti tekstur dan struktur tanah, sehingga kegiatan pertanian misalnya seperti pemeliharaan dan pemupukan dilakukan secara seragam. Sehingga hal yang dilakukan tidak efisien karena memberikan porsi yang sama pada setiap lahan, padahal pada setiap lahan pertanian memiliki kebutuhan yang berbeda – beda.

Suatu lahan akan menyebabkan respon yang beda pada setiap lahan karena kondisi lahan yang berbeda pada pemberian porsi yang sama. Sehingga pertumbuhan tanaman pada setiap lahan juga akan beragam, ada yang tumbuh optimal dan juga yang tidak optimal karena kekurangan unsur hara kemudian ada juga yang tumbuh kelebihan unsur hara sehingga pertumbuhannya melebihi pertumbuhan yang semestinya. Perlakuan seragam juga akan merusak dan meracuni tanah akibat sisa bahan kimia yang tidak terserap akan mencemari lingkungan.

Untuk mencapai hal tersebut dibutuhkan sebuah alat penjatah yang dapat dikontrol outputnya sehingga dapat menyuplai pupuk sesuai dengan kecepatan penjatah dan kapasitas pupuk yang keluar. Menurut syafriandi dan Andriani (2015), Telah banyak jenis mekanisme penjatah yang dikembangkan untuk memperoleh penjataan yang konsisten dan seragam. Mekanisme ini umumnya digerakkan oleh roda penggerak (*ground wheel*) dimana penjataan akan terhenti saat roda berhenti berputar atau saat roda diangkat dari permukaan tanah.

Namun, fungsi utama laju kecepatan motor penjatah belum setara dengan kapasitas. Salah satu penyebabnya adalah besarnya beban yang dialami motor penggerak untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan sistem pengontrol pada motor penggerak dan salah satu teknologi yang cukup populer saat ini yang dapat diterapkan yaitu *fuzzy logic* dimana aturan – aturan sistem kendalinya di buat dalam bahasa manusia (linguistik) sesuai dengan pernyataan Widiyantoro, (2014). Yang menyatakan bahwa Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*) adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, *multi channel* atau *workstation* berbasis akuisisi data, dan sistem kontrol. Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi keduanya.

Oleh karena itu pada penelitian ini diterapkan sistem *fuzzy logic* pada alat penjatah agar alat bekerja sesuai dengan yang diinginkan dan keluaran pupuk setara dengan kecepatan yang ditentukan.

### Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Belum diketahui bentuk sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* untuk alat penjatah.
2. Bagaimana menyusun kaidah-kaidah *fuzzy logic* dalam mengendalikan alat pupuk?
3. Bagaimana kinerja alat pemupuk dengan sistem kendali *fuzzy logic*?

### Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Uji kinerja dilakukan di laboratorium untuk mencari SP dengan kapasitas keluaran pupuk yang stabil pada penjatah.
2. Inferensi *fuzzy logic* yang digunakan yaitu sugeno.

### Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan alat pemupuk yang dikendalikan dengan sistem *fuzzy logic*.

Adapun manfaat dari penelitian ini dapat menyediakan alat pemupuk yang persisi bagi petani dan menjadi model dalam pengembangan sistem kendali *fuzzy logic* pada bidang teknologi pertanian.

## METODE PENELITIAN

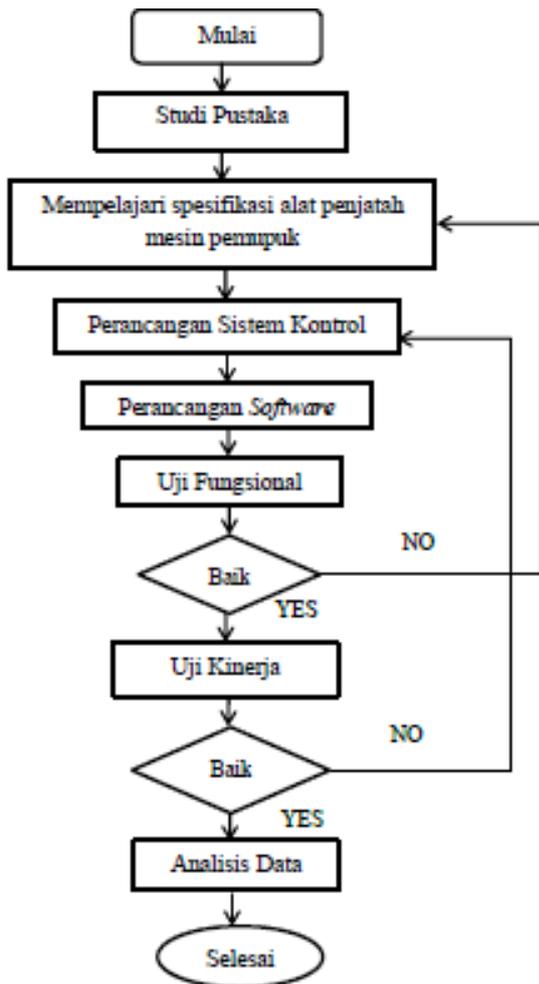
### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk perancangan sistem kontrol yaitu, *software CodeVisionAVR*, *software AVROSP11*, laptop, kabel USB ke ISP downloader, adaptor, *stopwatch*, timbangan, Alat penjatah pupuk, Pengontrol (ATMEGA32), data *logger*, dan alat tulis menulis.

Bahan yang digunakan yaitu, pupuk NPK granular.

### Prosedur Penelitian

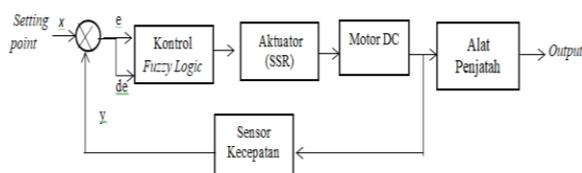
Prosedur penelitian kontrol yang dilakukan berdasarkan bagan alir dibawah:



Gambar 1. Diagram Alir

### Perancangan Sistem Kontrol

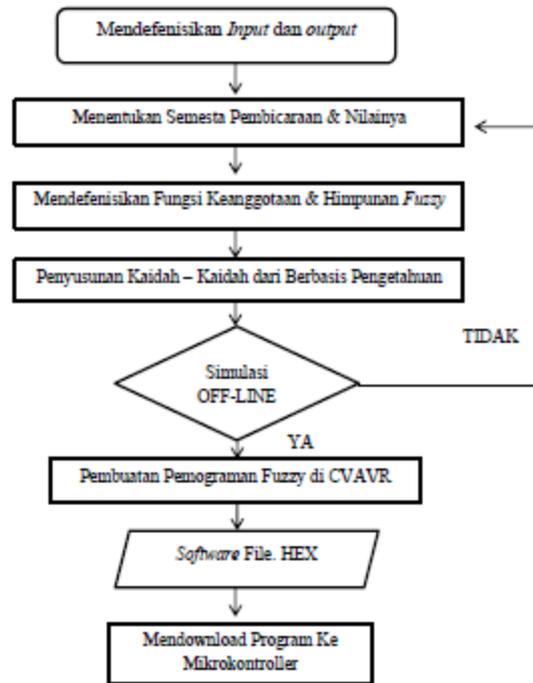
Perancangan sistem kontrol yang digunakan adalah kontrol *fuzzy logic*, dimana masukan yang diberikan (*Setting point*) akan masuk ke mikrokontroler kemudian memberikan suatu perintah ke aktuator yang akan mengendalikan dengan memutar penjatah dan memberikan suatu sinyal ke sensor dan menghasilkan keluaran sesuai dengan *setting point* yang ditentukan. Sistem kontrol *fuzzy* yang akan diterapkan dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil sistem kontrol berbasis *fuzzy logic*

### Perancangan Software

Pada perancangan *software* akan membuat bahasa program dengan input error dan delta error putaran berdasarkan *setting point*, sedangkan outputnya adalah PWM. Skema perancangan software dapat dilihat pada diagram berikut ini:



Gambar 3. Diagram Alir Perancangan Software.

1. Mendefinisikan input dan output, dalam penelitian ini input yaitu kesalahan ( $e$ ) dan laju kesalahan ( $de$ ) dari kecepatan dan outputnya PWM.
2. Menentukan semesta pembicaraan, yaitu membicarakan tentang putaran penjatah setara dengan tegangan. nilainya masing – masing (+)200, 0 dan (-)200. Dimana output semesta pembicaraan PWM yang nilainya (+), 0, dan (-).
3. Mendefinisikan fungsi keanggotaan, yaitu segitiga dengan rumus seperti pada persamaan berikut.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (a - x)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

4. Penyusunan kaidah – kaidah dari berbasis pengetahuan, dalam penelitian ini menggunakan matrik dengan metode *trial end error*.

5. Simulasi OFF-LINE, yaitu menyusun *fuzzy logic* dalam matlab kemudian diuji aturan – aturan yang telah dibuat dengan melihat hubungan dalam gambar 3D. Jika diperoleh hubungan sesuai yang diinginkan maka dibuat program di *CodeVision AVR* yang sesuai dengan besarnya *error*.
6. Pembuatan program *fuzzy logic* selanjutnya di *comfier* menjadi dalam file hex. Kemudian didownload.
7. File HEX, yang dihasilkan pada tahap 6 kemudian didownload ke mikrokontroler.

### Uji Fungsional

Tujuan dari uji fungsional adalah untuk mengetahui apakah kecepatan putaran sudah sebanding dengan keluaran pupuk. Jika hasil putaran yang diinginkan tidak sesuai maka kembali pada perancangan *software*. Untuk mengukur tingkat keberhasilan uji fungsional, maka digunakan kriteria berikut ini:

1. Kecepatan motor tanpa kontrol dapat melampaui batas dari *setting point* yang telah ditentukan (Putaran penjatah pada rps 10, 30, 50, 60, dan 80rps).
2. Respon transien baik, dimana waktu untuk mencapai *settling time* dicapai dalam waktu kurang lebih 1 sampai 5 detik dan tidak terjadi kelebihan atau kekurangan.
3. Respon steady state yaitu alat bekerja dengan keadaan baik, yaitu stabil dan tidak terjadi *error steady state*.

### Uji Kinerja

Tujuan dari uji kinerja adalah untuk mengetahui apakah pupuk yang keluar dari alat penjatah kapasitasnya seragam yang besarnya sesuai dengan SP selama pengoperasian. Dimana tingkat keberhasilan uji kinerja dapat dilihat berdasarkan berikut ini:

1. Respon transien, tidak terjadi kelebihan atau kekurangan dan waktu untuk mencapai *Settling time* yaitu antara 1 sampai 5 detik.
2. Bahwa keluaran pupuk harus stabil sama dengan SP, tidak terjadi kekurangan atau

kelebihan. Jika terjadi kelebihan atau kekurangan maka toleransi 5% dari SP.

### Metode Pengamatan

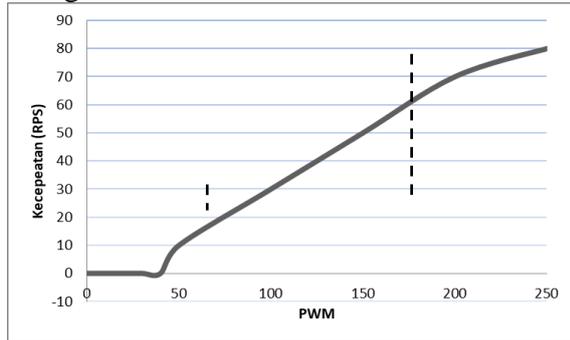
1. Uji respon Transien dan respon Steady state mesin tanpa bahan
  - a. Mempersiapkan alat.
  - b. Mengaktifkan mesin pemupuk.
  - c. Mengatur *setting point* pada alat kontrol dengan putaran pada 10 rps, 30, 50,60, dan 80rps dengan rentang waktu masing – masing 5 menit setiap putaran.
  - d. Menentukan hubungan kecepatan dan kapasitas.
  - e. Memplotk data dengan melihat kecepatan dan waktu.
  - f. Mengamati terjadinya kelebihan atau kekurangan dan *error steady state*, dengan *settling time* yang ditentukan untuk mencapai putaran *setting point*.
2. Uji respon Transien dan respon steady state mesin dengan bahan.
  - a. Mempersiapkan bahan yaitu pupuk NPK.
  - b. Mengatur *setting point* putaran pada mesin pemupuk dengan percobaan pertama dilakukan kontrol dengan putaran 10rps. Percobaan selanjutnya diulangi dengan putaran yang berbeda – beda (30, 50, 60, dan 80rps) dengan masing – masing rentang waktu 5 menit setiap putaran.
  - c. Mengaktifkan alat kemudian mengamati perubahan putaran alat penjatah dengan data *logger*.
  - d. Menimbang keluaran pada alat pemupuk.
  - e. Memplot data dalam grafik perbandingan antara kecepatan dengan kapasitas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Motor DC

Karakteristik motor DC dapat dipelajari dengan mengamati kecepatan motor DC (rps) saat diberi input PWM. Adapun nilai PWM yang diberikan pada kecepatan motor DC adalah 0 – 255 rps

tanpa menggunakan pupuk, dan hasilnya sebagai berikut.



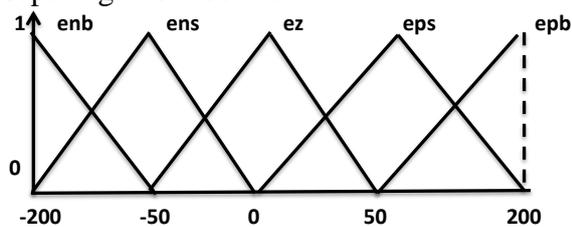
Gambar 4. Hubungan antara PWM dengan kecepatan motor.

Pada Gambar 4 menunjukkan hubungan antara PWM dengan kecepatan motor DC (rps), dimana pada PWM dibawah dari 50 rps motor DC tidak linear dan dengan pemberian nilai diatas 200 rps terjadi penurunan kecepatan motor DC (tidak linear). Maka nilai yang dapat digunakan dalam penyusunan kaidah kontrol putaran motor adalah 50 -200 rps.

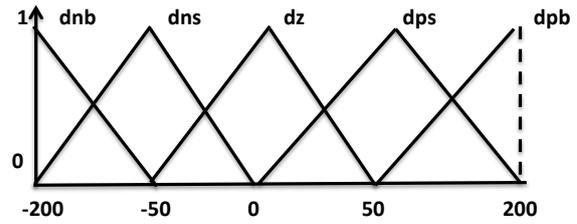
### Perancangan Software

#### Penentuan Fungsi Keanggotaan Semesta Pembicaraan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) yang digunakan adalah bentuk segitiga. Bentuk segitiga dipilih karena memiliki respon yang lebih cepat karena persamaan yang digunakan lebih sederhana. Dalam menentukan MF menggunakan bilangan ganjil (3,5,9 dan seterusnya). Fungsi keanggotaan yang digunakan yaitu 5 MF, respon yang diberikan baik dan halus karena semakin banyak fungsi keanggotaan maka lebih bagus namun semakin banyak juga memori yang digunakan. Dimana range dan label yang digunakan pada fungsi keanggotaan input *error* dan *delta error* seperti gambar berikut.



Gambar 5. Membership Function Error.



Gambar 6. Membership Function Delta Error.

### Penyusunan Kaidah Kontrol Fuzzy

Pola penyusunan kaidah pembicaraan adalah pengembangan dari pola penyusunan kaidah dalam Jamshidi (1996). Penyusunan kaidah kontrol *fuzzy* dalam hal ini dinyatakan dengan "IF-THEN". Dimana dalam sistem logika *fuzzy* ada tiga jenis operasi himpunan yaitu OR, AND, dan NOT, namun operasi himpunan *fuzzy* yang digunakan adalah AND atau disebut *min*, artinya nilai yang diambil merupakan nilai terendah dalam jamshidi (1996).

Tabel 1. Rule yang tentukan

e/d	enb	ens	ez	eps	epb
dnb	-250	-200	-100	-50	0
dns	-200	-100	-50	0	50
dz	-100	-50	0	50	100
dps	-50	0	50	100	200
dpb	0	50	100	100	250

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai rule yang digunakan sama besar dengan nilai PWM namun hasil yang didapat tidak sesuai karena hasil putaran yang dihasilkan masih kurang stabil. Maka dari itu dilakukan *tunning* pada kaidah kontrol agar putaran dari penjajah lebih halus dan lebih stabil. Dari hasil *tunning* yang dilakukan diperoleh sinyal kontrol seperti pada Tabel 2, hasil pengamatan yang diperoleh dari penerapan Tabel 2 yaitu putaran motor DC lebih halus dan stabil.

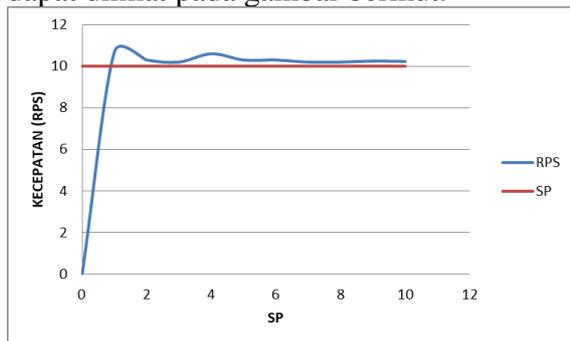
Tabel 2. Rule yang telah di *tunning*

e/d	Enb	Ens	Ez	Eps	Epb
Dnb	-200	-180	-120	-50	0
Dns	-180	-120	-50	0	0
Dz	-120	-50	0	50	120
Dps	-50	0	50	120	180
Dpb	0	50	120	180	200

## Uji Fungsional

### Uji Respon Motor Dc Listrik Terhadap Fungsi Step

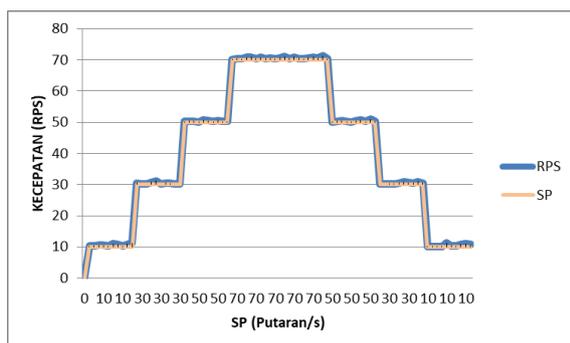
Pada uji respon motor listrik terhadap fungsi step bertujuan untuk melihat kinerja motor DC pada kondisi *steady state*. Dimana alat bekerja dengan keadaan baik sesuai dengan *input* PWM yang diberikan tanpa menimbulkan *offset* dan keadaan motor DC tetap stabil. Hasil uji menggunakan kontrol dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Uji Respon Motor Listrik.

### Uji Respon Motor Dc Terhadap Fungsi Tangga

Uji respon motor DC terhadap fungsi tangga untuk melihat kinerja kontrol pada kondisi transien, dimana waktu yang diperlukan untuk mencapai *settling time* pendek dan tidak terjadi *overshoot*. Dari hasil pengujian dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 8. Uji respon fungsi tangga

Pada Gambar 8 dilihat respon transien motor DC dimana tidak terjadi *overshoot* dan *settling time* pendek, hal ini menunjukkan bahwa kaidah – kaidah *fuzzy* yang diterapkan dapat meredam *overshoot* dan memberi respon yang cepat baik itu fungsi tangga naik maupun fungsi tangga turun.

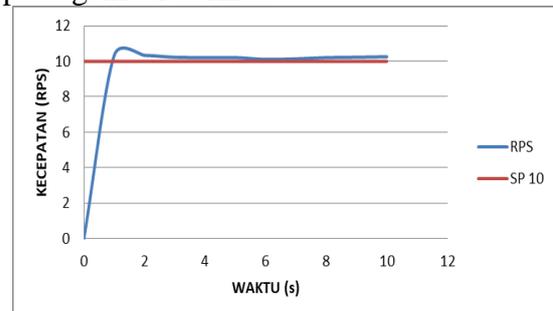
Dapat juga disimpulkan bahwa pada gambar diatas pemberian titik atur (SP) antara 10-70 rps motor DC tidak terjadi *overshoot*.

### Uji Kinerja

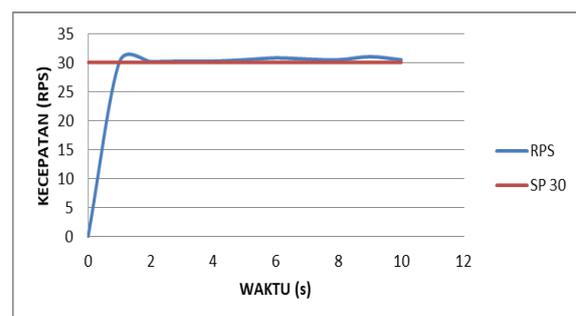
Tujuan dari uji kinerja adalah untuk mengetahui apakah pupuk yang keluar dari alat penjatah kapasitasnya seragam yang besarnya sesuai dengan SP selama pengoperasian alat.

### Respon Kecepatan Alat Pemupuk Pada Berbagai SP

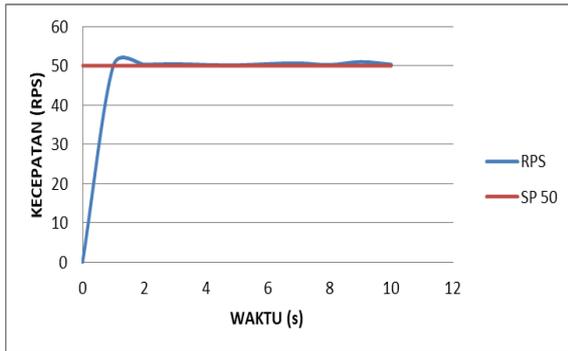
Tujuan dari respon kecepatan alat pemupuk terhadap keluaran untuk melihat bagaimana kecepatan alat pemupuk saat dibebani pupuk NPK yang berbentuk butiran dimana pupuk ini termasuk salah satu produk majemuk. Hasil yang diperoleh pada gambar berikut.



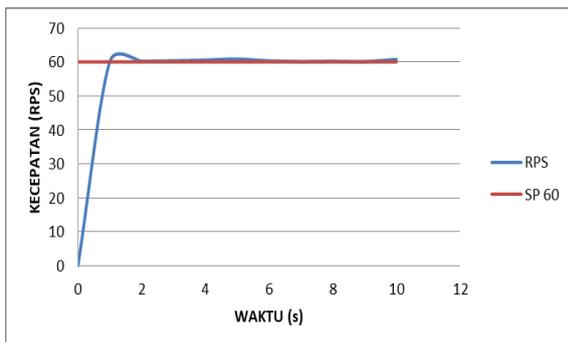
Gambar 9. Respon waktu pada kecepatan 10 rps



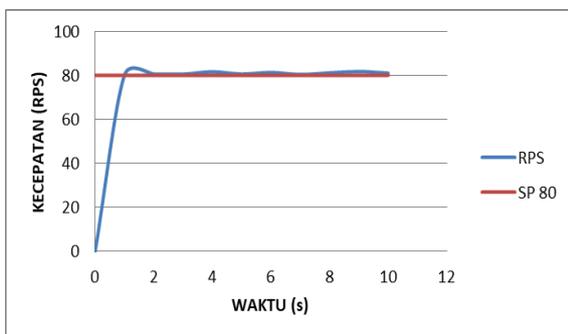
Gambar 10. Respon waktu pada kecepatan 30 rps



Gambar 11. Respon waktu pada kecepatan 50 rps.



Gambar 12. Respon waktu pada kecepatan 60 rps.



Gambar 13. Respon waktu pada kecepatan 80 rps.

Nampak pada Gambar 9-13 bahwa SP 30 sampai dengan 80 rps hanya terjadi sedikit *overshoot* kecepatan walaupun *settling time* pendek, begitu juga pada kecepatan alat pemupuk cukup stabil dan sedikit *error steady state*, walaupun titik atur (SP) dinaikkan maupun diturunkan.

### Hasil Keluaran Pupuk

Tabel 3. Hasil keluaran pupuk yang didapatkan

SP	RPS	KELUARAN PUPUK (g/s)
10	10.51	11.99
30	30.64	30.24
50	50.42	50.70
60	60.42	62.12
80	80.50	80.14

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil dari keluaran pupuk yang didapatkan setara dengan kecepatan motor. Hal ini menunjukkan bahwa kaidah – kaidah sistem *fuzzy logic* yang diterapkan mampu mengatur keluaran pupuk sesuai dengan titik atur (SP) yang diberikan atau dengan kata lain alat pupuk yang dirancang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan pupuk tanaman dalam hal ini antara range 10-80 g/s. Menurut Hidayat dan Sudiarso (2018), yang menyatakan bahwa 10.95 g/s untuk dosis tanaman jagung berpengaruh nyata pada umur 28 HST (hari setelah tanam) perlakuan pupuk memberikan hasil yang baik dikarenakan sudah mampu memenuhi kebutuhan hara bagi tanaman sehingga membantu pembentukan fase vegetatif pada tanaman hal ini karena tersedianya unsur hara yang cukup maka fotosintesis akan berjalan aktif dan protein yang terbentuk akan semakin banyak, pemberian yang semakin tinggi berpengaruh terhadap tinggi tanaman jagung.

Oleh karena itu, alat yang dirancang ini mampu juga digunakan untuk menyebarkan pupuk ditanaman jagung. Dari hasil yang diperoleh dari tabel 4 pada SP 10 sangat sesuai dengan dosis pupuk untuk tanaman jagung pada umur 28 hari setelah tanam.

## KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Telah dihasilkan alat kontrol *fuzzy logic* untuk penjatah pupuk yang dapat bekerja dengan kinerja yang baik.
2. Kinerja alat penjatah yang dihasilkan dapat bekerja dengan baik. Hal ini ditunjukkan dari hanya sedikit terjadinya *overshoot*, *settling time* pendek, *error steady state* yang sedikit.
3. Keluaran alat yang dikendalikan dengan *fuzzy logic* yang dihasilkan dapat digunakan pada berbagai tanaman yang berada pada range 10-80 g/s.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustami Sitorus. 2015. Pengembangan Mesin Penanam dan Pemupuk Jagung Terintegrasi dengan Pengolahan Tanah Alur. Program studi Teknik Mesin dan Pangan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hidayat. Hakim Kurniawan dan Sudiarmo. 2018. Pengaruh Pupuk paitan (*Tithonia Diversifolia*) dan NPK Anorganik Pada Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays Sacarhata Smith*). Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Jawa Timur. Indonesia.
- Jamshidi, M. (1996). *Large- scale system s: Modeling, Control, and Fuzzy logic*. USA: Prentice-Hall.
- Syafriandi. Andiani Lubis. 2015. Rancang Bangun Dan Pengujian Alat Penjatah (Metering Device) Tipe Edge Cell Untuk Penyaluran Pupuk Butiran Urea, TSP dan KCl. Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.
- Widyono Hadi. 2014. Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis Logika *Fuzzy (DC Motor Speed Control Based on Fuzzy Logic)*. Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.