

Rancang Bangun Sistem Kontrol Penjatah Pupuk Cair pada Injektor Venturi Menggunakan Pengatur Buka-an *Needle Valve*

SAUT RENATO RAHMAT SIMANJUNTAK



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kontrol Penjatah Pupuk Cair pada Injektor Venturi Menggunakan Pengatur Bukaannya *Needle Valve*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2025

Saut Renato Rahmat Simanjuntak
F141190109

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

SAUT RENATO RAHMAT SIMANJUNTAK. Rancang Bangun Sistem Kontrol Penjatah Pupuk Cair pada Injektor Venturi Menggunakan Pengatur Bukaannya *Needle Valve*. Dibimbing oleh DEWA MADE SUBRATA.

Injektor venturi adalah salah satu komponen injeksi pada sistem fertigasi yang rancangannya pengaturan dosisnya belum banyak ditemukan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem fertigasi injektor venturi dengan kontrol dosis melalui bukaannya katup saluran injeksi untuk irigasi tetes. Tahapan penelitian terdiri dari manufaktur alat, perlakuan bukaannya keran injeksi untuk variasi debit injeksi, pengujian pencampuran pupuk, perumusan model, dan analisis hidrolis alat. Performa model dilaporkan dalam bentuk nilai Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Model hubungan bukaannya dengan debit injeksi memiliki debit injeksi maksimum 0.3828 l/min dengan keragaman prediksi RMSE 0.0498, 0.0614, dan 0.0381 l/min dan MAPE 15.34, 22.73, dan 13.93 % pada untuk tiap pasangan percobaan berurutan. Performa model pencampuran pupuk memiliki RMSE yang beragam namun dengan nilai MAPE keseluruhan <15% terkecuali pada satu titik uji. Alat memiliki kapasitas operasi instalasi irigasi tetes dengan emiter 8 l/jam yang beroperasi dengan tekanan 7 meter. Jumlah *emitter* yang dapat dioperasikan sebanyak 99 buah dengan rata-rata debit curah 7.99 l/jam. Pengaturan tata letak instalasi irigasi adalah dua lateral dengan masing-masing berjumlah 50 dan 49 *emitter*, dipasang berpasangan, jarak antar pasangan 60 cm. Konfigurasi tersebut menghasilkan kebutuhan debit 13.18 l/min dan tekanan 9.15 meter yang masih dalam jangkauan operasi alat.

Kata kunci: dosis, fertigasi, injektor venturi, irigasi tetes, katup kontrol.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRACT

SAUT RENATO RAHMAT SIMANJUNTAK. Design and Manufacture of Liquid Fertilizer Dosing Control System for Venturi Injector using Needle Valve Opening Controller. Supervised by DEWA MADE SUBRATA.

Venturi injector is a part of fertigation injection system in which its dosing control mechanism is not widely explored. This research aims to design a venturi injector fertigation system with valve opening as a means of dosing control for drip irrigation installation. This research was conducted as follows: system manufacture, observing injection discharge for various openings, fertilizer mixing test, model generating, and hydraulic analysis. Models are evaluated with Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Injection discharge and valve opening relation model with maximum discharge 0.3828 l/min perform with RMSE value of 0.0498, 0.0614, dan 0.0381 l/min and MAPE 15.34, 22.73, dan 13.93 %. Fertilizer mixing models perform with varying RMSE value but with overall MAPE <15% except in one of the concentration input. System can operate a 0.8 l/hr emitter with a minimum head of 7 meters. There's 99 emitters with average discharge of 7.99 l/hr which the system can operate with. Emitter is installed as follows, two lateral with 50 and 49 pieces each, installed side by side, and placed 60 cm apart. With such installation the total discharge required is 13.18 l/min with 9.15 meter head.

Keywords: control valve, drip irrigation, dose, fertigation, venturi injector.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Rancang Bangun Sistem Kontrol Penjatah Pupuk Cair pada Injektor Venturi Menggunakan Pengatur Buka-an *Needle Valve*

SAUT RENATO RAHMAT SIMANJUNTAK

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Slamet Widodo, S.T.P., M.Sc

2. Dr. Ir. Gatot Pramuhadi, M. Si

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Kontrol Penjatah Pupuk Cair pada Injektor Venturi Menggunakan Pengatur Bukaannya *Needle Valve*

Nama : Saut Renato Rahmat Simanjuntak

NIM : F14190109

Disetujui oleh

Pembimbing:

Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M. Agr

NIP 196208031987031002



Diketahui oleh

Ketua Departemen:

Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr

NIP. 196304251989031001



Tanggal Ujian:

29 November 2024

Tanggal Lulus:

(tanggal penandatanganan oleh Dekan
Fakultas/Sekolah ...)



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2023 sampai bulan November 2024 ini ialah Sistem kontrol pendosis, dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kontrol Penjatah Pupuk Cair pada Injektor Venturi Menggunakan Pengatur Buka-an *Needle Valve*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr sebagai Dosen pembimbing tugas akhir yang dengan sabar melayani dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
2. Dr. Slamet Widodo, S.T.P., M.Sc, dan Dr. Ir. Gatot Pramuhadi, M. Si sebagai dosen penguji yang telah memberi saran dan masukan untuk skripsi saya dan Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si selaku moderator ujian sidang saya.
3. Dua orang tua, dan kakak-kakak yang terus memberi doa dan semangat
4. Bapak Angga, Bapak Sapruddin, Bapak Darma, dan Bapak Achmad selaku teknisi yang melayani pertanyaan-pertanyaan saya dan memberi kemudahan selama penelitian
5. Rekan sejawat tmb 56, terkhusus jonatan, imad, uwais, dikma, riziki, daniel, silvi, nurul, dan bila nur yang menemani dan memberi dorongan agar lulus dan lekas bekerja
6. Teman perantauan abim dan angga yang penelitian ini ditujukan mengingat sukar dan letihnya bekerja merintis kebun
7. Abang dan kakak tingkat serta adik-adik yang saya sayangi sebagai keluarga tmb

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan..

Bogor, Januari 2025

Saut Renato Rahmat Simanjuntak



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Irigasi Tetes	4
2.2 Injektor Venturi	5
2.3 Pupuk dalam Fertigasi	5
2.4 Persamaan Hill.....	6
2.5 Bentuk dan Karakteristik Aliran <i>Needle Valve</i>	7
2.6 Mikrokontroler <i>Arduino Uno</i>	8
2.7 Motor <i>Stepper</i>	9
2.8 Penilaian Model.....	9
2.9 Penelitian Terkait.....	9
III METODE.....	11
3.1 Waktu dan Tempat.....	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Kerja	12
3.3.1 Evaluasi Konsep Rancangan	13
3.3.2 Desain Sistem Pipa.....	13
3.3.3 Kalibrasi Sensor dan Penilaian Model.....	16
3.3.4 Pengujian kontrol katup dan variasi debit injeksi.....	16
3.3.5 Penerjemahan Nilai Konsentrasi Kepada Bukaan Keran Injeksi	17
3.3.6 Deskripsi Kesiapan Sistem untuk Irigasi Tetes	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Rancangan Struktural dan Fungsional.....	19
4.2 Pengaturan Katup Saluran Injeksi	27
4.3 Kalibrasi Sensor Debit.....	28
4.4 Validasi Sensor Debit	29
4.5 Analisis Hidrolik Sistem Pipa	29
4.6 Pengambilan Data Debit Injeksi	31
4.7 Pembuatan Model Debit Injeksi	32
4.8 Pengujian Model Debit Injeksi	34
4.9 Pengujian Pencampuran Pupuk	36
4.10 Kesesuaian Alat dengan Instalasi Irigasi Tetes	38
4.11 Contoh Operasi pada Tanaman Tomat	39

V	SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1	Simpulan	41
5.2	Saran.....	41
	DAFTAR PUSTAKA	42
	LAMPIRAN.....	45
	RIWAYAT HIDUP.....	52

DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Kelarutan, nutrisi, dan dampak kepada tanah dari beberapa pupuk (Kafkafi dan Kant 2005)	6
2	Tabel 2 Alat dan Bahan Penelitian.....	11
3	Tabel 3 perangkat keras sistem kontrol beserta fungsinya.....	15
4	Tabel 4 Spesifikasi tiap ukuran injektor	20
5	Tabel 5 Nilai <i>slope</i> dan <i>intercept</i> masing-masing percobaan	35
6	Tabel 6 Kelompok larutan dan hasil pembacaan EC meter	36
7	Tabel 7 Variasi campuran pupuk	38

DAFTAR GAMBAR

8	Gambar 1 Karakteristik umum panas spesifik bahan padat yang bergantung pada temperaturnya (Rowe <i>et al.</i> 2022)	7
9	Gambar 2 Kurva karakteristik CV terhadap jumlah putaran knob needle valve Ham-Let Seri 3000. Sumber: H-300U Series - Integral - Bonnet Needle Valve HYFINDR	8
10	Gambar 3 Diagram alir penelitian.....	13
11	Gambar 4 Ilustrasi rancangan kerangka pipa sistem fertigasi.....	14
12	Gambar 5 Kerangka sistem kontrol	15
13	Gambar 6 Grafik performa pompa. sumber: PS-128 BIT - Shimizu	19
14	Gambar 7 Bagian saluran hisap injektor, kondisi tersambung (kiri), kondisi terpisah (tengah), sambungan injektor ke selang (kanan)	21
15	Gambar 8 Sambungan injektor ke keran injeksi	21
16	Gambar 9 Sambungan keran injeksi ke selang ¼ inci	22
17	Gambar 10 Dua sisi sambungan silinder untuk poros motor (kiri) dan keran (kanan).....	22
18	Gambar 11 Dudukan motor.....	23
19	Gambar 12 Dudukan keran	23
20	Gambar 13 Skema koneksi motor stepper dengan TB6600.....	24
21	Gambar 14 Skema koneksi <i>Arduino Uno</i> dengan motor driver TB6600.....	24
22	Gambar 15 Deskripsi settingan (kanan) & saklar motor driver (kiri).....	24
23	Gambar 16 Skema sambungan antar muka LCD I2C dan Keypad 4x4 dengan <i>Arduino Uno</i>	25



24	Gambar 17 Desain boks kontrol	26
25	Gambar 18 Sambungan sensor debit Yf G1 dn25 dengan <i>Arduino Uno</i>	27
26	Gambar 19 Pengujian derajat putar keran injeksi.....	27
27	Gambar 20 Ilustrasi kerangka kalibrasi	28
28	Gambar 21 Grafik kalibrasi sensor Yf G1 Dn25	28
29	Gambar 22 Grafik pengujian sensor debit Yf G1 Dn25	29
30	Gambar 23 Kerangka pipa	30
31	Gambar 24 Grafik hubungan bukaan dengan debit injeksi	31
32	Gambar 25 Grafik hasil rata-rata data debit injeksi dan bukaan katup	32
33	Gambar 26 Perbandingan grafik hasil rata-rata Q _{inj} , max 0.38 - 0.4 l/min dan model A	33
34	Gambar 27 Perbandingan grafik hasil rata-rata Q _{inj} , max 0.5 l/min dan model B	33
35	Gambar 28 Grafik pengujian debit model A	34
36	Gambar 29 Grafik pengujian model B	35
37	Gambar 30 Hubungan konsentrasi larutan H ₂ SO ₄ dan NaCl dengan EC-nya (Golnabi <i>et al.</i> 2009).....	37

DAFTAR LAMPIRAN

38	Lampiran 1 Kode program kontrol keseluruhan.....	46
----	--	----

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.