

**OPTIMASI ALIRAN DOSING PUPUK CAIR PADA BENIH KENTANG DI  
GREEN HOUSE MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID  
DYNAMICS (CFD)**

**Tugas Akhir**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk

Menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Syahmil Lustiawan

221411045



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR**

**JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR**

**POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir yang berjudul :

**OPTIMASI ALIRAN DOSING PUPUK CAIR PADA BENIH KENTANG DI  
GREEN HOUSE MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID  
DYNAMICS (CFD)**

Oleh

Syahmil Lustiawan

221411045

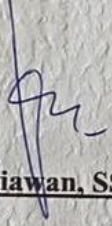
Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program  
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 14 Juli 2025

Disetujui

Pembimbing I,



**Haris Setiawan, SST., MT.**

**NIP.197512042001121001**

Pembimbing II,



**Dhion Khairul Nugraha,  
S.T.,M.T.**

**NIP.199003102022031002**

Disahkan

Penguji I,

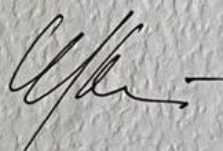


**Dede Buchori M.,**

**Masch.Ing.HTL, MT**

**NIP. 196405241994031002**

Penguji II,



**M.Ali S., Masch.Ing.HTL,**

**MT**

**NIP. 196011011989031001**

Penguji III,



**Rani Noprivanti, S.Si.,**

**M.T**

**NIP.199011032022032008**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

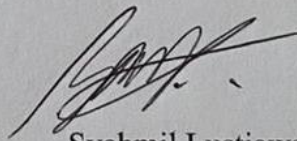
Nama : Syahmil Lustiawan  
NIM : 221411045  
Jurusan : Teknik Manufaktur  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Optimasi Aliran Dosing Pupuk Cair pada Benih Kentang di *Green House* Menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD)

Menyatakan bahwa :

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buar dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 14 – 07 - 2025  
Yang menyatakan,



Syahmil Lustiawan

221411045

## PERNYATAAN KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

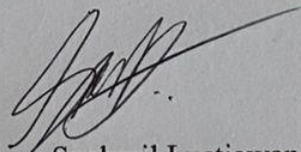
Nama : Syahmil Lustiawan  
NIM : 221411045  
Jurusan : Teknik Manufaktur  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Optimasi Aliran Dosing Pupuk Cair pada Benih Kentang di *Green House* Menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD)

Menyatakan/menyetujui bahwa :

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Dalam Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 14 - 07 - 2025  
Yang menyatakan,

  
Syahmil Lustiawan  
221411045

## **MOTTO PRIBADI**

*May the force be with you – Yoda sensei*

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya, keluarga saya, teman-teman saya, dan seluruh pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini.

## ABSTRAK

Pertanian modern di rumah kaca (greenhouse) memerlukan sistem distribusi nutrisi yang efisien, presisi, dan sesuai kebutuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sistem aliran pupuk cair, baik untuk pupuk daun maupun pupuk tanah, pada rumah kaca petani benih kentang di Kampung Tirtamukti, Desa Pangalengan. Optimasi dilakukan melalui simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) dan Pipe Flow Expert untuk mengevaluasi sistem eksisting serta membandingkannya dengan rancangan hasil perbaikan. Parameter analisis meliputi kebutuhan nutrisi tanaman, karakteristik fluida, tekanan, konfigurasi nosel, dan sistem distribusi.

Pada sistem distribusi pupuk tanah dengan metode irigasi tetes (drip irrigation), hasil optimasi menunjukkan debit ideal sebesar 0,49 L/jam sesuai panduan hortikultura kentang. Simulasi pipeflow dan ansys pada selang sampel 6 m dan 5,4 m memperlihatkan distribusi aliran yang sesuai dengan kebutuhan, didukung oleh pengaturan katup bola (ball valve) ½ inci pada bukaan  $4,15^{\circ}$ – $52,2^{\circ}$ . Hasil tersebut konsisten dengan referensi agronomis dan mendukung pertumbuhan tanaman. Untuk distribusi pupuk daun, sistem disederhanakan dari 10 menjadi 8 penyemprot (sprinkler) dengan reposisi tata letak, sehingga area yang tidak terjangkau berkurang dari 36 m<sup>2</sup> menjadi 18 m<sup>2</sup>. Volume pupuk yang terbuang juga menurun signifikan dari 12 L menjadi 3 L, sementara efisiensi distribusi meningkat hingga 48%. Debit aliran terjaga seragam ( $\pm 5,05$  L/menit) dengan kecepatan semprot maksimum 25,4 m/s.

Secara keseluruhan, sistem dosing pupuk cair yang dioptimalkan terbukti memenuhi aspek teknis (stabilitas tekanan dan kecepatan aliran), agronomis (distribusi nutrisi yang merata), serta ekonomis (penghematan pupuk, air, dan waktu operasional). Validasi hasil menunjukkan kesesuaian dengan simulasi, memperkuat potensi pemanfaatan CFD sebagai pendekatan dalam mendukung penerapan pertanian presisi yang efisien dan berkelanjutan di lingkungan rumah kaca.

**Kata kunci** : *Computational Fluid Dynamics, Dosing, Greenhouse, Pupuk Cair, Irigasi Tetes, Improvement Sistem.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, hidayah, serta nikmat yang tiada terhingga. Segala proses yang telah dilalui, dari awal penelitian hingga penyusunan Tugas Akhir ini, tidak terlepas dari kemudahan yang Allah berikan. Meskipun berbagai tantangan dan hambatan datang menghampiri, berkat izin dan ridho-Nya, penulis dapat terus berusaha dan menyelesaikan penelitian ini sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Berkat kasih sayang dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Optimasi aliran dosing pupuk cair pada benih kentang di greenhouse menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD)” dengan sebaik-baiknya.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan petunjuk, arahan, dan bantuan, baik secara moral maupun material, baik secara langsung maupun tidak langsung hingga penyusunan Tugas Akhir ini selesai, terutama kepada yang terhormat :

1. Kepada yang saya cintai dan sayangi kedua Orang Tua penulis Ibu Tintin Kusriati A.md dan Bapak Alm. Ir. Tulus Basuki dan Ary susanto yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, hingga pengorbanannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.
2. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST.,M.T.
3. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Dr. Herman Budi Harja, S.T.,M.T.,IPM
4. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Dr. Heri Setiawan, S.T.,M.T.

5. Para Pembimbing Tugas Akhir Bapak Haris Setiawan, SST., dan Bapak Dhion Khairul Nugraha, S.T.,M.
6. Para Penguji Tugas Akhir Bapak Dede Buchori M., Masch.Ing.HTL, MT, Bapak M.Ali S., Masch.Ing.HTL, MT, dan Ibu Rani Nopriyanti, S.Si., M.T
7. Panitia Tugas Akhir jenjang studi Diploma IV Jurusan Teknik Manufaktur.
8. Untuk kakak dan adik saya, yang telah memberikan dukungan penuh kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.
9. Kepada teman-teman kelas 4MEE yang telah menjadi bagian dari perjalanan ini dan penulis anggap seperti keluarga.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi semua.

Bandung, 03 Juli 2025

Penulis



Syahmil Lustiawan

221411045

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iv
MOTTO PRIBADI.....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
I. BAB I PENDAHULUAN.....	I-18
I.1 Latar Belakang .....	I-18
I.2 Rumusan Masalah .....	I-19
I.3 Batasan Masalah (masukin Batasan alat/sistem).....	I-19
I.4 Tujuan dan Manfaat .....	I-20
I.5 Sistematika Penulisan .....	I-21
II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	II-1
II.1 Tinjauan Teori .....	II-1
II.1.1 Kentang sebagai Komoditas Pertanian.....	II-1
II.1.2 Pupuk Cair.....	II-1
II.1.3 Sistem Dosing .....	II-3
II.1.4 Drip irrigation / irigasi tetes .....	II-4
II.1.5 <i>Greenhouse</i> sebagai Lingkungan Kontrol.....	II-5
II.1.6 Hukum Kontinuitas .....	II-6

II.1.7	Debit aliran (flow rate).....	II-7
II.1.8	Kecepatan aliran (velocity) .....	II-7
II.1.9	Reynolds Number .....	II-7
II.1.10	Distribusi Pupuk dalam Sistem Irigasi.....	II-8
II.2	Tinjauan Alat .....	II-8
II.2.1	Drip Irrigation .....	II-8
II.3	Studi Penelitian Terdahulu .....	II-16
III.	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH .....	III-1
III.1	Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Penelitian .....	III-1
III.2	Identifikasi.....	III-3
III.2.1	Optimasi pada pupuk daun.....	III-4
III.2.2	Optimasi pada pupuk tanah.....	III-5
III.3	Pengumpulan data .....	III-6
III.4	Perhitungan teoritis awal.....	III-10
III.4.1	Perhitungan pemborosan sistem pupuk daun (luas mobilisasi meja tambahkan).....	III-10
III.4.1	Perhitungan outlet sistem pupuk tanah .....	III-14
III.5	Perancangan improvement dan pembuatan.....	III-16
III.5.1	Perancangan improvement sistem pupuk daun.....	III-16
III.5.2	Pembuatan outlet sistem pupuk tanah.....	III-23
III.6	Pembuktian improvement telah optimal .....	III-32
III.6.1	Layouting sistem pupuk daun .....	III-32
III.6.2	Sistem pupuk tanah .....	III-39
IV.	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	IV-40
IV.1	Analisis pupuk daun.....	IV-40
IV.1.1	Analisis pupuk daun menggunakan pipeflow expert.....	IV-40

IV.1.2	Simulasi sprinkler pupuk daun menggunakan ansys fluent .....	IV-43
IV.2.4	Analisis lanjutan untuk kebutuhan nutrisi daun tanaman .....	IV-49
IV.2	Analisis pupuk tanah .....	IV-49
IV.2.1	Analisis pupuk tanah menggunakan pipeflow expert.....	IV-49
IV.2.2	Simulasi selang pupuk tanah menggunakan ansys fluent .....	IV-52
IV.2.3	Simulasi konfigurasi valve pupuk tanah menggunakan ansys fluent	IV-59
IV.2.4	Analisis lanjutan untuk kebutuhan nutrisi tanah.....	IV-62
IV.3	Intepretasi dengan data lapangan Pupuk daun dan tanah.....	IV-63
IV.4.1	Intepretasi Pupuk daun .....	IV-63
IV.4.2	Intepretasi Pupuk tanah .....	IV-63
V.	BAB V PENUTUP .....	V-1
V.1	Kesimpulan .....	V-1
V.2	Saran.....	V-2
	DAFTAR PUSTAKA .....	V-3
	LAMPIRAN.....	V-7

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi water pump DC 12V .....	II-10
Tabel II. 2 Tabel penelitian terdahulu.....	II-16
Tabel III. 1 Parameter pupuk daun .....	III-6
Tabel III. 2 Parameter pupuk daun .....	III-7
Tabel III. 3 Data spesifikasi alat pupuk daun .....	III-8
Tabel III. 4 Data spesifikasi alat pupuk tanah .....	III-9
Tabel III. 5 Tabel volume dan debit sprinkler diameter 2 meter .....	III-19
Tabel III. 6 Tabel volume dan debit sprinkler diameter 3 meter .....	III-19
Tabel III. 7 Tabel volume dan debit sprinkler diameter 4 meter .....	III-19
Tabel III. 8 Tabel volume dan debit sprinkler diameter 5 meter .....	III-20
Tabel III. 9 Tabel volume dan debit sprinkler diameter 6 meter .....	III-20
Tabel III. 10 Tabel luas area sprinkler .....	III-20
Tabel III. 11 tabel konsumsi air sprinkler per m <sup>2</sup> .....	III-21
Tabel III. 12 Kajian eksperimental valve terbuka 70% dari tertutup .....	III-26
Tabel III. 13 Kajian eksperimental valve terbuka 60% dari tertutup .....	III-27
Tabel III. 14 Kajian eksperimental valve terbuka 40% dari tertutup .....	III-27
Tabel III. 15 Kajian eksperimental valve terbuka 30% dari tertutup .....	III-28
Tabel III. 16 Pengaruh 2 variable antara pengaturan valve dan pengurangan debit .....	III-29
Tabel III. 17 Variasi pembukaan ball valve ½ inch pada pupuk tanah.....	III-31
Tabel IV. 1 Tabel Konvergensi iteration pupuk daun .....	IV-45
Tabel IV. 2 Tabel Konvergensi iteration pupuk Tanah .....	IV-54
Tabel IV. 3 Tabel pengaturan valve final pada pupuk tanah .....	IV-64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Kentang ( <i>Solanum tuberosum</i> ) [sumber : Wikipedia] .....	II-1
Gambar II. 2 Hasil olahan Pupuk Cair Organik [sumber : antaresmultienergi.com] .....	II-2
Gambar II. 3 Contoh simple dosing untuk pencampur pupuk .....	II-3
Gambar II. 4 foto irigasi pada negara maju.....	II-4
Gambar II. 5 contoh foto greenhouse yang menggunakan metode inkubasi [sumber : kompasiana.com] .....	II-5
Gambar II. 6 Foto Drip Irrigation pada Green House Desa Pangalengan [sumber : existing].....	II-9
Gambar II. 7 Foto Water Pump DC 12V [sumber : tokopedia.com].....	II-10
Gambar II. 8 Drawing layout pada greenhouse desa pangalengan [sumber : existing] .....	II-11
Gambar II. 9 Sprinkler pada greenhouse desa pangalengan .....	II-12
Gambar II. 10 Diagram Control Pada greenhouse .....	II-13
Gambar II. 11 Foto Tangki nutrisi pada greenhouse di pangalengan [sumber : existing].....	II-14
Gambar II. 12 datum / posisi Ketika valve tertutup 30% / 27° / 12,25 mm.....	III-26
Gambar III. 1 Diagram alir untuk improvement system pupuk pada greenhouse III- 1	
Gambar III. 2 Diagram alir detail proses improvement pupuk daun .....	III-2
Gambar III. 3 Diagram alir detail proses improvement pupuk daun .....	III-3
Gambar III. 4 Gambaran penyebaran sprinkler sebelumnya tampak atas 2D (biru adalah posisi sprinkler, dan merah adalah wilayah pemborosan keluar meja) ..	III-4
Gambar III. 5 Tampilan 3D modelling selang tanah yang belum ditentukan outlet [sumber : solidworks].....	III-6
Gambar III. 6 gambar penyebaran sprinkler tampak atas 2D (biru adalah wilayah tanaman, dan merah adalah wilayah pemborosan keluar meja).....	III-10
Gambar III. 7 Gambar layout pupuk daun sebelum optimasi .....	III-11
Gambar III. 8 area pemborosan 1 sebanyak 3 pcs .....	III-11
Gambar III. 9 area pemborosan 2 sebanyak 2 pcs .....	III-12
Gambar III. 10 area pemborosan 3 sebanyak 2 pcs .....	III-12

Gambar III. 11 area pemborosan 4 sebanyak 2 pcs.....	III-13
Gambar III. 12 area pemborosan 4 sebanyak 1 pcs .....	III-13
Gambar III. 13 area pemborosan 5 sebanyak 6 pcs .....	III-14
Gambar III. 14 Gambaran penyebaran sprinkler setelah di <i>improve</i> dalam bentuk 2D (biru adalah wilayah tanaman, dan merah adalah wilayah pemborosan keluar meja).....	III-17
Gambar III. 15 Gambar layout pupuk daun sebelum optimasi .....	III-17
Gambar III. 16 relayout sprinkler 6 meter setelah improvement (biru posisi sprinkler) .....	III-22
Gambar III. 17 relayout sprinkler 4 meter setelah Improvement (biru posisi sprinkler) .....	III-23
Gambar III. 18 Tampilan selang plastik yang sudah di buat sistem outletnya. III-23	
Gambar III. 19 datum 0 / posisi Ketika valve tertutup 100% / 90° / 0 mm .....	III-24
Gambar III. 20 datum / posisi Ketika valve tertutup 0% / 0° / 17,5 mm .....	III-25
Gambar III. 21 Hasil simulasi pipe flow pupuk tanah sebelum optimasi (merah : selang nomor 1, biru : selang nomor 21) .....	III-31
Gambar III. 22 Gambaran penyebaran sprinkler <b>setelah di improvement</b> (dalam bentuk 2D).....	III-33
Gambar III. 23 Posisi detail sprinkler yang berdiameter 4 meter .....	III-33
Gambar III. 24 Posisi detail sprinkler yang berdiameter 4 meter .....	III-34
Gambar III. 25 gambar uji coba layout sebelum optimal 1 .....	III-35
Gambar III. 26 gambar uji coba layout sebelum optimal 2 .....	III-36
Gambar III. 27 gambar uji coba layout sebelum optimal 3 .....	III-37
Gambar III. 28 Grafik optimum layout.....	III-38
Gambar IV. 1 Gambaran layout sistem pupuk daun pada design akhir (Pipeflow Expert).....	IV-41
Gambar IV. 2 Boundary condition pada sprinkler .....	IV-44
Gambar IV. 3 Grafik Residual pupuk daun pada ansys fluent .....	IV-46
Gambar IV. 4 Tekanan Dinamis pada Nozzle Sprayer.....	IV-47
Gambar IV. 5 Pola aliran kecepatan pada Nozzle Sprayer.....	IV-47
Gambar IV. 6 Distribusi Energi Kinetik Turbulen .....	IV-48

Gambar IV. 7 Gambaran layout sistem pupuk tanah design akhir (Pipeflow Expert) .....	IV-50
Gambar IV. 8 Grafik Residual pada ansys fluent .....	IV-54
Gambar IV. 9 Visualisasi Boundary Condition Sistem CFD Selang Drip .....	IV-55
Gambar IV. 10 Kontur Kecepatan Fluida di Selang Drip .....	IV-57
Gambar IV. 11 Kontur Tekanan Dinamis di Selang Drip.....	IV-58
Gambar IV. 12 Pathline pola aliran inlet menuju outlet.....	IV-59

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

### Simbol

Simbol	Keterangan	Satuan
Q	Debit aliran fluida	m <sup>3</sup> /s atau L/min
A	Luas penampang pipa	m <sup>2</sup>
v	Kecepatan aliran fluida	m/s
D	Diameter pipa atau outlet	mm atau m
P	Tekanan	Pa atau bar
$\mu$	Viskositas dinamis fluida	Pa·s atau cP
$\rho$	Massa jenis fluida	kg/m <sup>3</sup>
g	Percepatan gravitasi	m/s <sup>2</sup>
$h_f$	Head loss (kehilangan energi)	m
K	Koefisien kehilangan energi fitting/nozzle	–
t	Waktu aliran	s
R/r	Radius lingkaran	m atau mm
$\omega$	Specific dissipation rate (turbulensi)	1/s
k	Energi kinetik turbulen	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>

### Singkatan

Singkatan	Keterangan
CFD	Computational Fluid Dynamics
KTI	Karya Tulis Ilmiah
PFE	Pipe Flow Expert
ANSYS	Software simulasi numerik teknik
SST	Shear Stress Transport (model turbulensi dalam CFD)
DC	Direct Current ( arus searah)
LPM	Liter per Menit
CEC	Cation Exchange Capacity

PVC	Polyvinyl Chloride (bahan pipa)
PE	Polyethylene (bahan selang)
RPM	Rotation per Minute
TDS	Total Dissolved Solids
μ	Mikron (unit panjang = $1 \times 10^{-6}$ meter)
%	Persentase

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Pertanian *modern* dituntut untuk meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya secara efisien, terutama air dan nutrisi. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk memenuhi tuntutan tersebut adalah budidaya dalam lingkungan terkendali seperti rumah kaca (*greenhouse*). Lingkungan ini memungkinkan pengaturan suhu, kelembapan, pencahayaan, dan distribusi nutrisi secara presisi untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman. Sistem irigasi seperti irigasi tetes (*drip irrigation*), *sprinkler*, dan selang output tanah telah umum digunakan dalam *greenhouse* untuk menyalurkan air dan pupuk langsung ke zona akar secara efisien [1].

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum L.*) dipilih dalam penelitian ini karena merupakan komoditas hortikultura strategis di daerah dataran tinggi seperti Pangalengan, Kabupaten Bandung, yang dikenal sebagai sentra produksi benih kentang unggul. Tanaman kentang membutuhkan distribusi air dan nutrisi yang konsisten dan terukur, terutama pada fase pembentukan umbi. Ketidakseimbangan dosis pupuk cair dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman, baik melalui defisiensi maupun toksisitas unsur hara, serta menyebabkan pemborosan sumber daya [2].

Berdasarkan hasil observasi lapangan di *greenhouse* petani benih kentang di Kampung Tirtamukti, Desa Pangalengan, sistem distribusi pupuk cair masih menghadapi kendala teknis. Pada sisi pemupukan daun, konfigurasi *sprinkler* yang digunakan belum optimal, sehingga sebagian besar semburan pupuk menyasar area di luar meja tanam. Hal ini mengakibatkan pemborosan pupuk karena banyak volume yang tersiram ke luar wilayah akar tanaman. Sementara itu, pada sisi pemupukan tanah, sistem distribusi belum berjalan karena masih berada pada tahap instalasi awal dan belum dilengkapi dengan outlet aktif. Akibatnya, distribusi pupuk tanah tidak terjadi sama sekali, dan belum dapat diuji performanya secara agronomis maupun teknis. Kedua permasalahan tersebut menyebabkan efisiensi pemupukan rendah dan berdampak pada peningkatan biaya operasional [3].

Untuk mengatasi persoalan tersebut, dibutuhkan pendekatan berbasis rekayasa, khususnya melalui pemodelan aliran fluida menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Teknologi ini memungkinkan simulasi distribusi aliran pupuk tanpa perlu uji coba berulang di lapangan. CFD dapat memetakan tekanan, kecepatan, dan persebaran aliran secara detail, sehingga sistem dosing dapat dirancang lebih presisi, efisien, dan terkontrol. Selain itu, perangkat lunak seperti *Pipe Flow Expert* juga mendukung analisis tekanan dan debit aktual dalam sistem perpipaan. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat dihasilkan sistem distribusi pupuk cair yang optimal, mendukung peningkatan produktivitas tanaman kentang secara efisien dan berkelanjutan.[1]

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berikut adalah beberapa rumusan masalah yang dapat diajukan berdasarkan judul penelitian :

- 1) Bagaimana *improvement* sistem distribusi pupuk tanah dengan menentukan parameter penting seperti lokasi outlet, jarak antar outlet, dan tekanan yang sesuai untuk meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanah?
- 2) Bagaimana cara meminimalisir pemborosan pupuk daun dalam penyusunan layout sprinkler distribusi pupuk daun agar lebih efisien dari sebelumnya?
- 3) Apakah *improvement* sistem distribusi pupuk dapat menghasilkan penyebaran yang optimal sesuai dengan paduan hortikultural tanaman kentang?

## **I.3 Batasan Masalah (masukin Batasan alat/sistem)**

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

- 1) Penelitian hanya difokuskan pada analisis sistem distribusi pupuk cair berupa pupuk daun dan pupuk tanah pada greenhouse berbasis CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dan simulasi *PipeFlow Expert*.
- 2) *Improvement* hanya dilakukan pada parameter-parameter utama, yaitu : lokasi outlet, jarak antar outlet, tekanan distribusi, dan kecepatan aliran yang mempengaruhi performa penyebaran pupuk.
- 3) *Improvement* sistem didasarkan pada data teknis perangkat eksisting (pompa, selang, dan sprayer) yang telah tersedia di greenhouse Desa Pangalengan dan tidak mencakup perancangan dan penambahan perangkat baru

- 4) Jenis pupuk yang digunakan dalam simulasi dibatasi pada pupuk cair berbasis formulasi standar (misalnya 1:20 atau 50 mL pupuk dalam 1 L air) tanpa analisis kimia mendalam terhadap komposisinya.
- 5) Tekanan sistem (pompa sistem) tidak berubah sesuai *existing*.
- 6) Aspek evaluasi sistem irigasi dalam penelitian ini terbatas pada pembahasan aliran fluida dan distribusi debit, tanpa mencakup aspek biologis tanaman seperti respon fisiologis tanaman atau hasil panen
- 7) Pengaruh posisi valve terhadap aliran output ditinjau melalui pendekatan simulasi dan validasi sederhana berdasarkan kecepatan dan volume aliran aktual dari sistem

#### **I.4 Tujuan dan Manfaat**

Dari rumusan masalah di atas, tujuan penelitian secara umum adalah :

- 1) Merancang dan membuat sistem distribusi pupuk tanah melalui penentuan parameter teknis seperti lokasi outlet, jarak antar outlet, dan tekanan kerja, guna meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi
- 2) Menyusun dan mengevaluasi ulang layout distribusi pupuk daun yang lebih efisien untuk mengurangi pemborosan pupuk dan mengurangi cakupan area yang keluar dari meja tanaman.
- 3) Menambah produktivitas, efektivitas, dan efisiensi dibandingkan dari sebelum *improvement* dilakukan
- 4) Menguji hasil *improvement* sistem distribusi pupuk menggunakan pendekatan simulasi (CFD dan Pipe Flow Expert) untuk memastikan bahwa distribusi nutrisi dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal di seluruh area greenhouse.

Manfaat penelitian secara umum adalah :

- 1) Memberikan solusi teknis untuk meningkatkan efisiensi pemupukan tanah melalui desain sistem distribusi yang lebih presisi dan hemat energi.
- 2) Menawarkan rancangan layout distribusi pupuk daun yang dapat mengurangi pemborosan sumber daya dan menekan biaya operasional.
- 3) Menyediakan pendekatan berbasis simulasi yang dapat dijadikan acuan dalam perancangan sistem pemupukan presisi di greenhouse, terutama bagi petani benih kentang di Pangalengan dan daerah sejenis.

- 4) Mendorong penerapan teknologi CFD dalam bidang pertanian presisi, sebagai langkah awal menuju sistem pertanian yang lebih berkelanjutan.

### **I.5 Sistematika Penulisan**

Bagian ini berisi penjelasan secara ringkas mengenai susunan laporan tugas akhir.

Sistematika laporan Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, berisi metode penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil pengujian pada beberapa domain dan pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan dari TA untuk peneliti selanjutnya.