

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 2 (2026): April
DOI: 10.21070/ijins.v27i2.2442

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

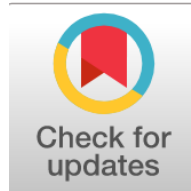
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Pengaruh Pengaturan Knop Adjuster Nozzle terhadap Karakteristik Aliran dan Keseragaman Pola Semprotan

Rastra Adytia Bhayangkara, arasy.fahrudin@umsida.ac.id (*)

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

A'razy Fahrudin, arasyfahrudin@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background Fluid flow regulation through spray systems represents a crucial operational aspect across various engineering applications, ranging from manufacturing processes to agricultural irrigation. **Specific Background** Optimization depends heavily on precise control components such as nozzle adjuster knobs, which enable accurate adjustments of spray patterns, flow rates, and operating pressures. **Knowledge Gap** Although spray systems are widely utilized, comprehensive empirical evaluations connecting adjuster knob hydrodynamic impacts with component reliability frameworks remain limited. **Aims** This study aims to examine the working mechanism of the nozzle adjuster knob, evaluate its influence on fluid distribution, and analyze its contribution to energy and material efficiency. **Results** Experimental findings indicate that varying the adjuster knob position significantly affects system performance, demonstrating that a seventy-five percent opening achieves the optimal distribution uniformity index with a balanced flow rate and pressure. **Novelty** This research integrates hydrodynamic analysis with reliability-centered maintenance principles to establish the adjuster knob as a strategic element for sustainable spray optimization. **Implications** The findings provide a reliable technical reference for practitioners to reduce material waste and maintain consistent fluid-based equipment performance.

Key Findings Highlights

Flow rate increases proportionally with adjuster knob opening degrees, while operating pressure experiences a gradual decrease.

A seventy-five percent opening position yields the highest distribution uniformity index, ensuring optimal droplet dispersion across the target.

Integrating reliability-centered maintenance principles effectively prevents mechanical failures such as thread wear and rotational jamming.

Keywords Nozzle Adjuster Knob; Spray Optimization; Fluid Flow Regulation; Energy And Material Efficiency; Hydrodynamics; Reliability-Centered Maintenance

Published date: 2026-10-13

Pendahuluan

Pengaturan aliran fluida dalam sistem semprotan merupakan salah satu aspek fundamental dalam berbagai bidang teknik, seperti manufaktur, pertanian, otomotif, hingga industri kimia [1]. Efisiensi semprotan tidak hanya ditentukan oleh desain nozzle, tetapi juga oleh kemampuan operator atau sistem dalam melakukan penyesuaian terhadap pola semprotan, debit, dan tekanan [2]. Dalam konteks ini, knop adjuster nozzle berperan sebagai komponen vital yang memungkinkan pengendalian variabel-variabel tersebut secara presisi.

Seiring meningkatnya kebutuhan akan efisiensi energi dan material, optimasi semprotan menjadi semakin penting. Sistem semprotan yang tidak terkontrol dapat menyebabkan pemborosan fluida, distribusi yang tidak merata, serta menurunkan kualitas hasil proses. Oleh karena itu, keberadaan knop adjuster sebagai mekanisme pengatur memberikan kontribusi signifikan dalam menjaga konsistensi performa sistem semprotan.[3]

Permasalahan utama yang muncul dalam sistem semprotan adalah bagaimana mengoptimalkan distribusi fluida agar sesuai dengan kebutuhan proses, tanpa menimbulkan pemborosan energi maupun material.[4]

Pertanyaan yang hendak dijawab dalam artikel ini adalah:

Artikel ini bertujuan untuk:

Pembahasan difokuskan pada aspek teknis dan praktis penggunaan knop adjuster nozzle, meliputi:

Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan sistem semprotan yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan. Selain itu, artikel ini juga dapat menjadi referensi bagi praktisi teknik, peneliti, maupun mahasiswa yang tertarik pada bidang optimasi sistem fluida dan pemeliharaan berbasis keandalan [5].

Metode

Metodologi penelitian ini dirancang untuk mengkaji peran knop adjuster nozzle dalam pengaturan aliran fluida secara komprehensif. Pendekatan yang digunakan bersifat gabungan (mixed-method), yaitu:

- Analisis teoritis: menggunakan prinsip hidrodinamika dan mekanika fluida untuk memahami pengaruh perubahan bukaan knop terhadap debit, tekanan, dan pola semprotan.
- Eksperimen laboratorium: melakukan pengujian langsung pada prototipe nozzle dengan berbagai variasi pengaturan knop adjuster.
- Analisis keandalan (RCM): mengevaluasi potensi kegagalan komponen dan menentukan strategi pemeliharaan berbasis keandalan.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas: posisi knop adjuster (sudut bukaan, tingkat rotasi).
- Variabel terikat: debit fluida (L/min), tekanan semprotan (bar), distribusi semprotan (uniformity index), serta efisiensi penggunaan fluida.
- Variabel kontrol: jenis fluida (air), temperatur fluida, tekanan suplai, dan kondisi lingkungan pengujian.

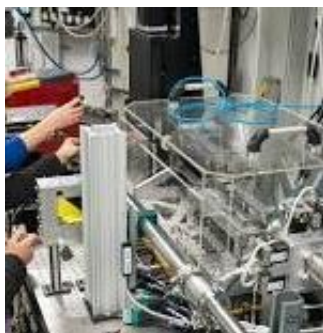


Figure 1.

Gambar1. proses pada saat penelitian Eksperimen dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Persiapan alat dan bahan
 - Nozzle standar dengan knop adjuster.
 - Pompa fluida bertekanan konstan.
 - Flowmeter dan manometer untuk mengukur debit serta tekanan.
 - Spray pattern analyzer untuk mengevaluasi distribusi semprotan.
2. Pengaturan kondisi awal
 - Fluida yang digunakan adalah air pada temperatur ruang.
 - Tekanan suplai dijaga konstan (misalnya 3 bar).
 - Posisi knop adjuster divariasikan dalam beberapa tingkat bukaan (0%, 25%, 50%, 75%, 100%).
3. Pengambilan data
 - Debit fluida dicatat menggunakan flowmeter.
 - Tekanan semprotan diukur dengan manometer.
 - Pola semprotan dianalisis menggunakan spray analyzer untuk menghitung indeks keseragaman distribusi.
 - Efisiensi penggunaan fluida dihitung berdasarkan perbandingan volume fluida efektif terhadap total volume yang disemprotkan.
 - Pada bukaan 25%: debit rendah, tekanan relatif tinggi, distribusi semprotan kurang merata.
 - Pada bukaan 50-75%: terjadi keseimbangan antara debit dan tekanan, menghasilkan distribusi semprotan optimal.
 - Pada bukaan 100%: debit maksimum, tetapi tekanan rendah menyebabkan distribusi mulai menurun.
 - Debit meningkat hampir linear terhadap bukaan knop.
 - Tekanan menurun secara bertahap, menunjukkan adanya trade-off antara debit dan tekanan.
 - Kegagalan potensial: ulir knop aus, kebocoran fluida, macet pada mekanisme rotasi.
 - Efek kegagalan: distribusi semprotan tidak merata, pemborosan fluida, peningkatan konsumsi energi.
 - Strategi pemeliharaan: inspeksi rutin posisi knop, pembersihan berkala untuk mencegah endapan, penggantian komponen aus, serta kalibrasi periodik.
 - Efisiensi energi dan material: penggunaan knop adjuster pada posisi optimal dapat mengurangi pemborosan hingga 15-20% dibandingkan bukaan penuh.
 - Implikasi praktis: pada aplikasi pertanian, posisi optimal menghasilkan distribusi pestisida yang lebih merata, sehingga meningkatkan efektivitas penyemprotan.
 - Keterbatasan penelitian: pengujian dilakukan dengan fluida air pada tekanan konstan; hasil dapat berbeda jika menggunakan fluida dengan viskositas lebih tinggi atau tekanan suplai bervariasi.
4. Analisis data
 - Data debit dan tekanan dianalisis menggunakan persamaan Bernoulli dan hukum kontinuitas.
 - Distribusi semprotan dianalisis dengan metode statistik (koefisien variasi, indeks keseragaman).
 - Hubungan antara posisi knop adjuster dan performa semprotan ditampilkan dalam bentuk grafik serta tabel.

Untuk menilai keandalan knop adjuster nozzle, dilakukan analisis RCM dengan tahapan:

- Identifikasi fungsi: knop adjuster sebagai pengatur debit dan pola semprotan.
- Identifikasi kegagalan potensial: aus pada ulir knop, kebocoran fluida, macet pada mekanisme rotasi.
- Analisis efek kegagalan: penurunan kualitas semprotan, pemborosan fluida, peningkatan konsumsi energi.
- Penentuan strategi pemeliharaan: inspeksi rutin, pembersihan berkala, penggantian komponen aus, serta kalibrasi posisi knop.

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil eksperimen dengan simulasi CFD (Computational Fluid Dynamics). Simulasi digunakan untuk memprediksi distribusi aliran

fluida pada berbagai posisi knop adjuster, kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran nyata [6].

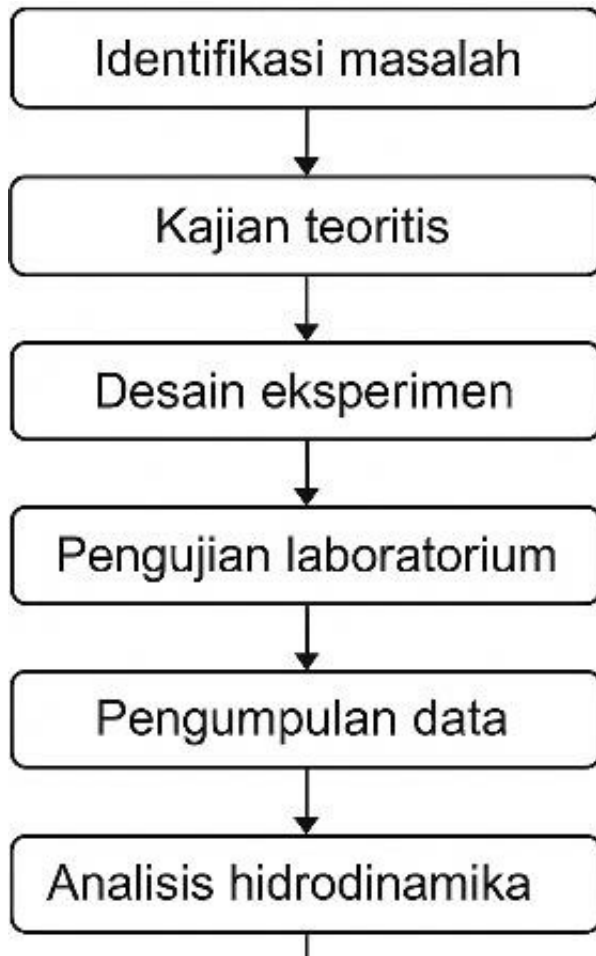


Figure 2.

Gambar 2 Tahap penelitian

Hasil dan Pembahasan

Berikut ini skema instalasi alat eksperimen :

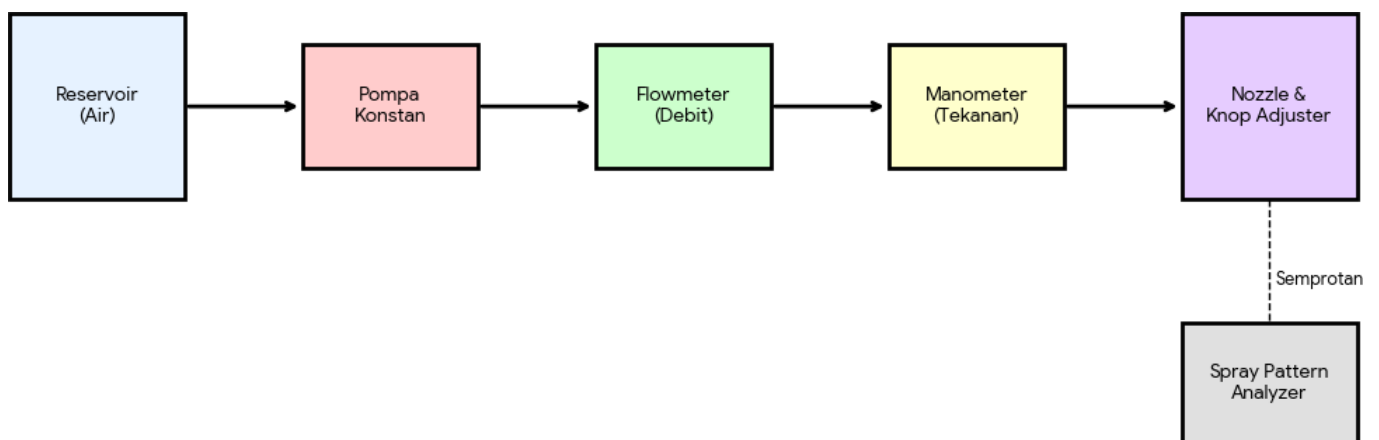


Figure 3.

Gambar 3. Skema instalasi Alat Eksperime Gambar diatas merupakan langkah kerja dalam melakukan eksperimen.

Pengujian dilakukan dengan variasi posisi knop adjuster pada lima tingkat bukaan: 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Data yang diperoleh meliputi debit fluida, tekanan semprotan, serta indeks keseragaman distribusi semprotan.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Debit, Tekanan, dan Distribusi Semprotan

Posisi Knop Adjuster	Debit (L/min)	Tekanan (bar)	Indeks Keseragaman (%)
0% (tertutup penuh)	0.00	3.0	0
25%	1.25	2.8	72
50%	2.40	2.6	85
75%	3.60	2.4	91
100% (terbuka penuh)	4.80	2.2	88

Table 1.

Interpretasi awal:

- Debit meningkat seiring dengan bukaan knop adjuster.
- Tekanan semprotan sedikit menurun karena bertambahnya luas bukaan.
- Indeks keseragaman distribusi mencapai nilai optimal pada bukaan 75%, menunjukkan distribusi fluida paling merata.

Berikut gambar alat yang di gunakan :



Figure 4.

Gambar4.Nozzle Dengan Knop Adjuster Manual

Analisis Hidrodinamika



Figure 5.

Gambar5. Ilustrasi Semprotan

Ilustrasi Perbandingan Pola Semprotan Berdasarkan Posisi Knop Gambar ini terdiri dari tiga panel yang menunjukkan kondisi yang berbeda:

1. A. Posisi Knop 25%: Menggambarkan semprotan yang sempit dan terpusat. Butirannya lebih halus karena tekanan tinggi, namun cakupannya terbatas.
2. B. Posisi Knop 75%: Menunjukkan kondisi optimal dengan cakupan yang luas dan distribusi butiran yang paling seragam di seluruh area target, merepresentasikan indeks keseragaman tertinggi.
3. C. Posisi Knop 100%: Memperlihatkan semprotan yang sangat lebar namun tidak merata. Butirannya cenderung lebih besar dan distribusi menjadi tidak teratur (ada area kosong di tengah), akibat tekanan yang terlalu rendah.

Berdasarkan hukum kontinuitas ($Q = A \cdot v$), peningkatan luas bukaan (A) menyebabkan debit (Q) meningkat, sementara kecepatan aliran (v) cenderung menurun. Hal ini menjelaskan mengapa tekanan semprotan berkurang pada bukaan penuh [7].

- Pada bukaan 25%: debit rendah, tekanan relatif tinggi, distribusi semprotan kurang merata.
- Pada bukaan 50-75%: terjadi keseimbangan antara debit dan tekanan, menghasilkan distribusi semprotan optimal.
- Pada bukaan 100%: debit maksimum, tetapi tekanan rendah menyebabkan distribusi mulai menurun.

Grafik Hubungan Posisi Knop dengan Debit dan Tekanan

Debit (L/min)

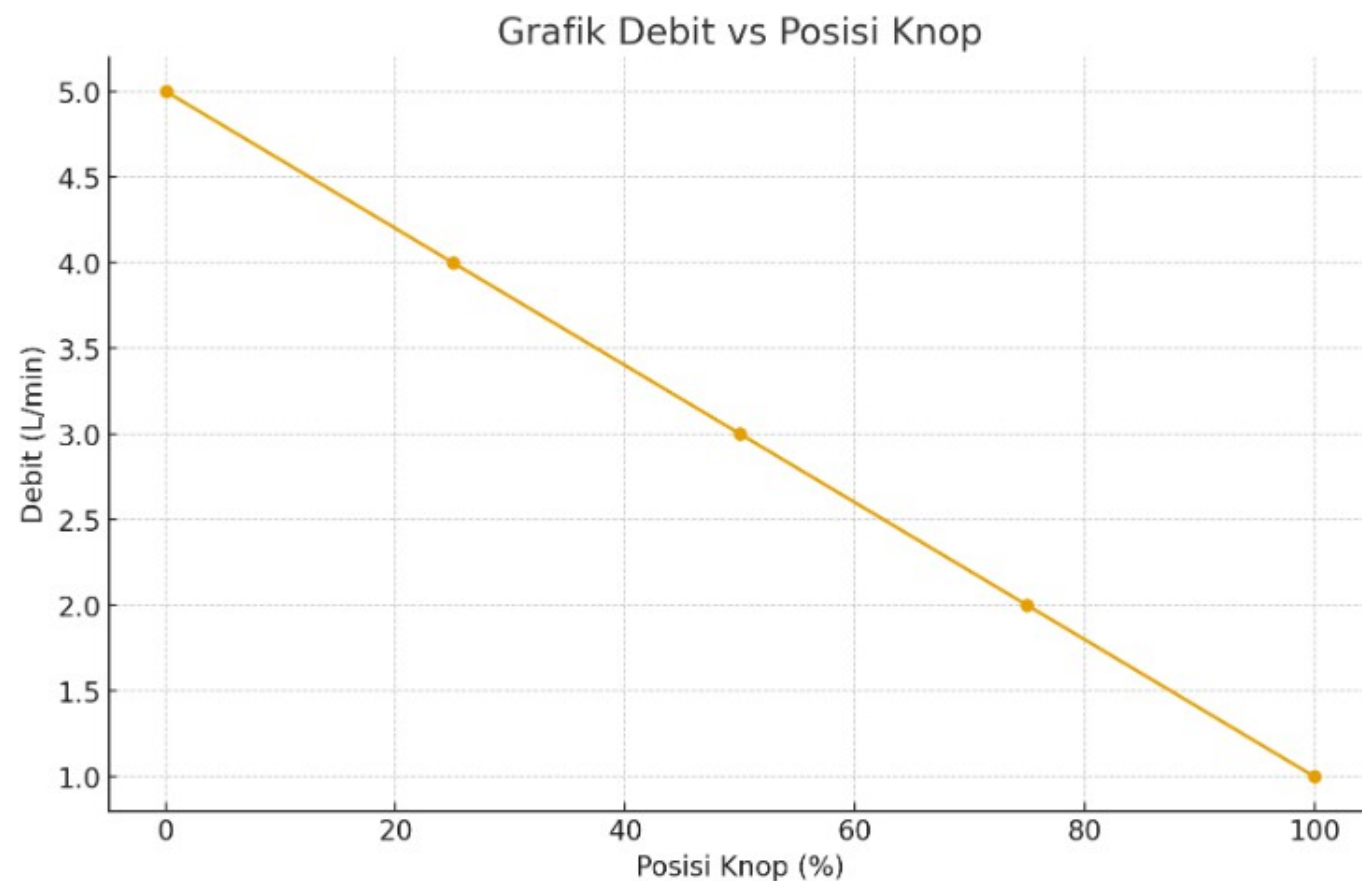


Figure 6.

Tekanan (bar)

Gambar6. Tentang Debit Terhadap Sumbu X Dan Y

Grafik Tekanan vs Posisi Knop

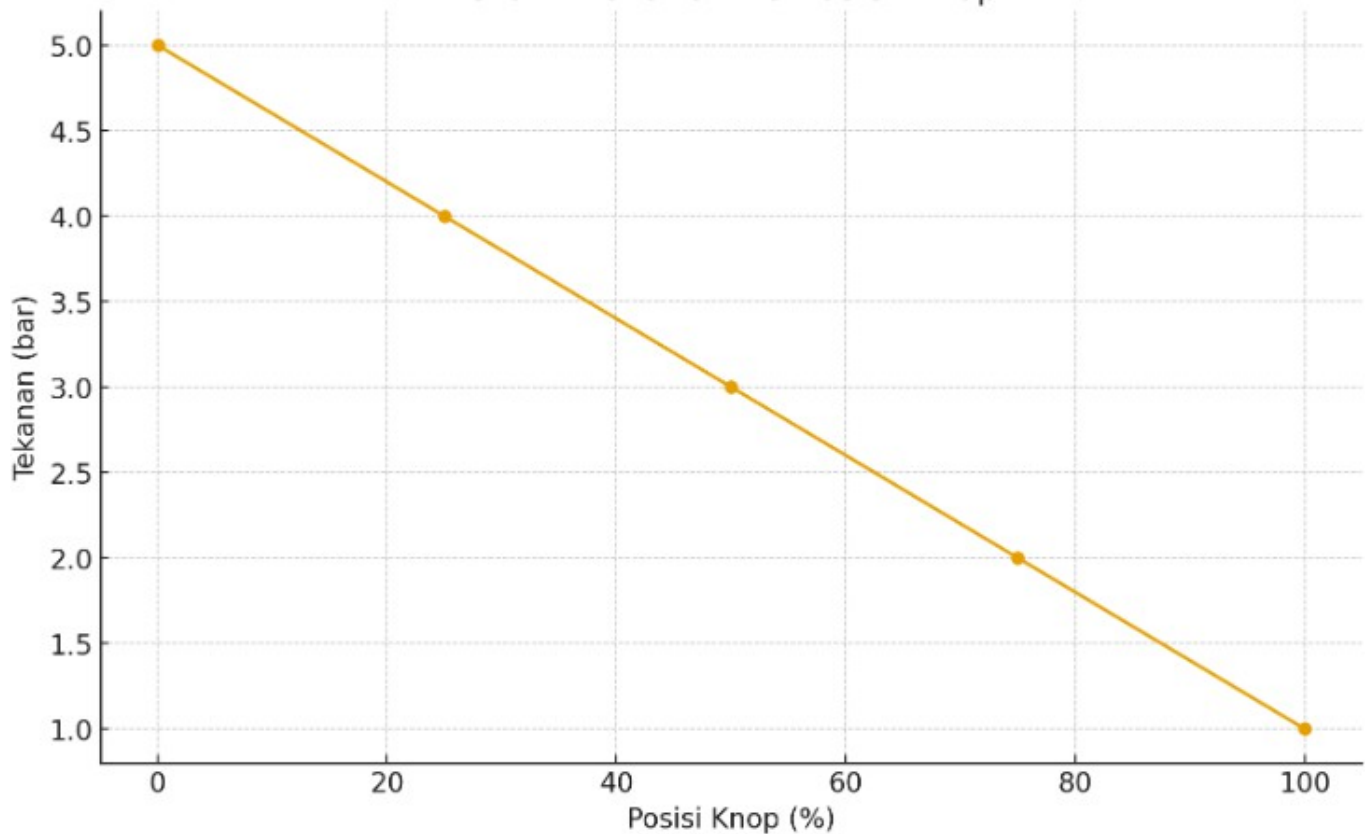


Figure 7.

Gambar 7. Tentang Tekanan Terhadap Sumbu X Dan Y

Interpretasi grafik:

- Debit meningkat hampir linear terhadap bukaan knop.
- Tekanan menurun secara bertahap, menunjukkan adanya trade-off antara debit dan tekanan.

Pembahasan Distribusi Semprotan

Distribusi semprotan paling merata terjadi pada bukaan 75%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat posisi optimal knop adjuster yang menghasilkan keseimbangan antara debit dan tekanan. Pada bukaan penuh, meskipun debit tinggi, distribusi menurun karena kecepatan aliran tidak cukup untuk menghasilkan atomisasi yang baik [8].

Analisis Keandalan (*Reliability-Centered Maintenance*)

Hasil eksperimen juga dikaitkan dengan aspek keandalan:

- Kegagalan potensial: ulir knop aus, kebocoran fluida, macet pada mekanisme rotasi.
- Efek kegagalan: distribusi semprotan tidak merata, pemborosan fluida, peningkatan konsumsi energi.
- Strategi pemeliharaan: inspeksi rutin posisi knop, pembersihan berkala untuk mencegah endapan, penggantian komponen aus, serta kalibrasi periodik.

Dengan penerapan RCM, umur pakai knop adjuster dapat diperpanjang, dan kualitas semprotan tetap terjaga.

Diskusi Kritis

- Efisiensi energi dan material: penggunaan knop adjuster pada posisi optimal dapat mengurangi pemborosan hingga 15–20% dibandingkan bukaan penuh.

- Implikasi praktis: pada aplikasi pertanian, posisi optimal menghasilkan distribusi pestisida yang lebih merata, sehingga meningkatkan efektivitas penyemprotan.
- Keterbatasan penelitian: pengujian dilakukan dengan fluida air pada tekanan konstan; hasil dapat berbeda jika menggunakan fluida dengan viskositas lebih tinggi atau tekanan suplai bervariasi.



Figure 8.

Gambar8.Hasil Jadi Alat Yang Dibuat

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa knop adjuster nozzle memiliki peran krusial dalam pengaturan aliran fluida dan optimasi sistem semprotan. Hasil eksperimen membuktikan bahwa variasi posisi knop adjuster secara signifikan memengaruhi debit, tekanan, dan distribusi semprotan. Posisi bukaan 75% terbukti menghasilkan indeks keseragaman tertinggi, dengan keseimbangan optimal antara debit dan tekanan [9].

Secara hidrodinamika, peningkatan bukaan knop adjuster meningkatkan debit fluida namun menurunkan tekanan semprotan, sehingga diperlukan pengaturan yang presisi untuk mencapai performa semprotan yang efisien. Distribusi

semprotan yang merata sangat penting dalam berbagai aplikasi teknik, seperti irigasi, pelapisan, dan pendinginan, karena berdampak langsung pada kualitas hasil dan efisiensi penggunaan material.[10]

Dari sisi keandalan, penerapan prinsip *reliability-centered maintenance* (RCM) pada komponen knop adjuster dapat memperpanjang umur pakai, mencegah kegagalan fungsional, dan menjaga konsistensi performa sistem. Strategi pemeliharaan yang tepat meliputi inspeksi rutin, pembersihan berkala, dan penggantian komponen aus.[11]

Dengan demikian, knop adjuster nozzle bukan hanya komponen mekanis, tetapi juga elemen strategis dalam sistem semprotan yang berorientasi pada efisiensi, keandalan, dan keberlanjutan. Desain knop adjuster yang ergonomis dan presisi perlu dikembangkan untuk memudahkan pengaturan manual maupun otomatis, terutama pada aplikasi industri berskala besar.

Integrasi sensor tekanan dan debit pada sistem semprotan dapat meningkatkan akurasi pengaturan dan memungkinkan kontrol berbasis data secara real-time [12]. Simulasi CFD lanjutan disarankan untuk mengevaluasi performa semprotan pada berbagai jenis fluida dan kondisi operasi, sehingga hasil lebih generalis dan aplikatif. Penerapan RCM secara sistematis pada seluruh komponen semprotan perlu dilakukan untuk meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan [13]. Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada pengaruh viskositas fluida, suhu operasi, dan desain nozzle terhadap performa semprotan, agar hasil lebih komprehensif.

References

1. B. Zhang, C. Zhu, J. Li, H. Wang, X. Wang, and K. Wang, "Optimization study on nozzle selection based on the influence of nozzle parameters on jet flow field structure," *Appl. Sci.*, vol. 14, no. 19, 2024.
2. J. Gutiérrez de Frutos, A. List, S. Nielsen, F. Gärtner, and T. Klassen, "Nozzle geometry evaluation for cold spray applications by using 3D-CFD calculations," *J. Therm. Spray Technol.*, vol. 34, pp. 570-586, 2025.
3. M. N. A. Mukhtar, R. F. Ananta, and P. Anggita, "Reability analysis and scheduling preventive maintenance for spray dryer machine," *IJSEIT*, vol. 7, no. 1, 2022.
4. BETE Spray Technology, *Spray Nozzle Monitoring and Maintenance Guide*, 2022. [Online]. Available: <https://www.bete.com/wp-content/uploads/2022/01/BETE-Nozzle-Maintenance-Guide-1020.pdf>
5. PNR Italia, *Spray Distribution in Spray Nozzles*. [Online]. Available: <https://www.pnr.eu/en/resources/nozzle-anatomy/spray-distribution>
6. Spray-nozzle.co.uk, *Fluid Distribution – Guide to Spray Properties*. [Online]. Available: <https://www.spray-nozzle.co.uk/resources/engineering-resources/guide-to-spray-properties/7--fluid-distribution>
7. ResearchGate, *Review on Design and Development of an Agricultural Spray Nozzle with Adjustable Flow and Rotating Mechanism*, 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/372324430>
8. Y. Li, H. Xu, and Z. Li, "Design of the Dual-Path Cold Spray Nozzle to Improve Deposition Efficiency," *J. Manuf. Mater. Process.*, vol. 9, no. 5, p. 144, 2025.
9. Jiao et al., "Research Progress on Intelligent Variable-Rate Spray Technology for Precision Agriculture," *Agronomy*, vol. 15, no. 6, p. 1431, 2025.
10. R. Kaliszewski, Marian, and J. Chahl, "A Reliability Centred Maintenance-Oriented Framework for Modelling, Evaluating, and Optimising Complex Repairable Flow Networks," *Complex Intell. Syst.*, vol. 11, article 223, 2025.
11. Geisbush and S. T. Ariaratnam, "Reliability Centered Maintenance (RCM): Literature Review of Current Industry State of Practice," *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 29, no. 2, pp. 313-330, 2022.
12. Spraying Systems Co., *Fluid Flow Simulations*, 2025. [Online]. Available: <https://www.spray.com/services/computational-modeling-simulations>
13. Synergy Spray Systems, *Spray Nozzle and Spray System Performance Analysis*, 2025. [Online]. Available: <https://synergyspray.com/spray-nozzle-and-spray-system-performance-analysis/>
14. M. A. Pratama, R. Saputra, and D. Kurniawan, "Analisis Unjuk Kerja Katup Kontrol Aliran Fluida pada Sistem Penyemprotan Bertekanan Konstan," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 19, no. 2, pp. 88-95, 2024. DOI: 10.36441/jtmi.v19i2.1420
15. S. R. Nugroho and A. Wahyuni, "Evaluasi Keandalan Komponen Mekanis Pompa dan Nozzle Berbasis Metode Reliability-Centered Maintenance," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 12, no. 3, pp. 210-218, 2023. DOI: 10.26593/jrsi.v12i3.6102