



LAPORAN SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA DAN REKOMENDASI DESAIN BARU
CYCLONE SEPARATOR TIPE 1D2D PADA MESIN ROASTING
KOPI DENGAN MENGGUNAKAN CFD**

BAGAS ZAENAL MUTTAQIN

NIM. 202054085

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Akhmad Zidni Hudaya. S.T., M.Eng.

Dr. Rochmad Winarso S.T., M.T.

**PROGAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MURIA KUDUS**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS KINERJA DAN REKOMENDASI DESAIN BARU
CYCLONE SEPARATOR TIPE 1D2D PADA MESIN ROASTING
KOPI DENGAN MENGGUNAKAN CFD**

BAGAS ZAENAL MUTTAQIN

NIM. 202054085

Kudus, 12 Maret 2025

Menyetujui.

Pembimbing Utama



Dr. Akhmad Zidni Hudaya. S.T., M.Eng.
NIDN. 0023017901

Pembimbing Pendamping



Dr. Rochmad Winurso. S.T., M.T.
NIDN. 0612037201

Koordinator Skripsi/Tugas Akhir



Sigit Arrohman. S.T., M.T.
NIDN. 0608029403

HALAMAN PENGESAHAN

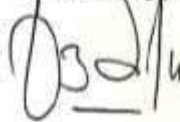
ANALISIS KINERJA DAN REKOMENDASI DESAIN CYCLONE SEPARATOR TIPE 1D2D PADA MESIN ROASTING KOPI DENGAN MENGGUNAKAN CFD

BAGAS ZAENAL MUTTAQIN

NIM. 202054085

Kudus, 12 Maret 2025

Ketua Penguji.



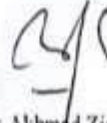
Qomaruddin, S.T., M.T.
NIDN. 0626097102

Menyetujui.
Anggota Penguji I.



Sigit Arrohman, S.T., M.T.
NIDN. 0608029403

Anggota Penguji II.



Dr. Akhmad Zidni Hudaya,
S.T., M.Eng.
NIDN. 0021087301

Mengetahui.



Fakultas Teknik

Dr. Eka Darmanto, S.Kom., M.Cs.
NIDN. 0609047901

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Rianto Wibowo S.T., M.Eng.
NIDN. 0630037301

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bagas Zaenal Muttaqin
NIM : 202054085
Tempat & Tanggal Lahir : Kudus, 16 Desember 2000
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Analisis Kinerja Dan Rekomendasi Desain
CyclonSeparator Tipe 1D2D Pada Mesin
Roasting Kopi Dengan Menggunakan *CFD*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi/Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri baik untuk naskah laporan maupun kegiatan lain yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dalam skripsi dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muria Kudus.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Kudus, 12 Maret 2025

Yang memberi pernyataan.


Bagas Zaenal Muttaqin

NIM. 202054085

KATA PENGANTAR

“Bismillahirrahmanirrahim”

Segala puji dan syukur Alhamdulillah penulis sampaikan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam saya panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Dan Rekomendasi Desain *CyclonSeparator* 1D2D Pada Mesin Roasting Kopi Dengan Menggunakan *CFD*.”

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam meraih gelar Sarjana Teknik (S.T.). Laporan ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, sehingga penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas limpahan rahmat, taufiq dan hidayahnya.
2. Kedua orang tua saya, Abah Noor Kholis Ibu Umamah dan kedua kakak saya Rina Indah Fitriyani dan Neni Erma Kurniawati serta adek saya Laila Zahra Asysyita. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan, tak kenal lelah mendoakan, memberikan motifasi serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga abah, ibu dan adek saya Panjang umur dan sehat selalu.
3. Bapak Dr. Akhmad Zidni Hudaya, S.T., M.Eng. dan Bapak Dr. Rochmad Winarso S.T., M.T. selaku pembimbing pertama dan kedua yang memberikan motivasi, nasehat dan Solusi Solusi terbaik dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Qomaruddin, S.T., M.T. dan Sigit Arrohman, S.T., M.T. selaku tim penguji yang telah banyak memberi perbaikan pada skripsi ini.
5. Bapak Shofwan Bahar, S.T., M.T. yang telah banyak membantu mengajarkan simulasi software ansys untuk penulis menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Teman-teman seperjuangan Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah (IMM ALFIKR) komisariat UMK yang telah kebersamai serta berproses bersama. Keluarga besar HIMAPRO TM UMK dan FMM-JU terskhusus di angkatan 2020 yang telah kebersamai serta berproses bersama dan menjadi pengalaman yang sangat luar biasa, bersinergi bersama semasa di perkuliahan.
7. Teman-teman kelompok (Dafit Antoni dan Ricko Ardian) yang telah berjuang bersama menyelesaikan laporan skripsi. dan seluruh teman teman Teknik Mesin Angkatan 2020.
8. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirnyan, pemilik NIM 2611419017 terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup saya. Berkontribusi banyak hal dalam penulisan karya tulis ini, baik tenaga, pemikiran, waktu, maupun materi kepada saya. Telah menjadi rumah, pendamping dalam segala hal yang menemani, mendukung ataupun menghibur dalam kesedihan, mendengar segala keluh kesah, memberi semangat untuk tidak mudah menyerah. Semoga Allah selalu memeberi keberkahan dalam segala hal yang kita lalui.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki beberapa kekurangan. Oleh karena itu. penulis mengharapkan kritik. saran. dan masukan dari para pembaca agar penulis dapat memperbaiki diri di masa depan. Penulis juga berharap laporan ini dapat memberikan manfaat. baik untuk penulis sendiri maupun bagi para pembaca secara umum.

Kudus, 12 Maret 2025



Bagas Zaenal Muttaqin

NIM.202054085

ANALISIS KINERJA DAN REKOMENDASI DESAIN BARU *CYCLONSEPARATOR* TIPE 1D2D PADA MESIN ROASTING KOPI DENGAN MENGGUNAKAN *CFD*

Nama Mahasiswa : Bagas Zaenal Muttaqin

NIM 202054085

Dosen Pembimbing :

1. Dr. Akhmad Zidni Hudaya. S.T. M.Eng
2. Dr. Rochmad Winarso. S.T., M.T.

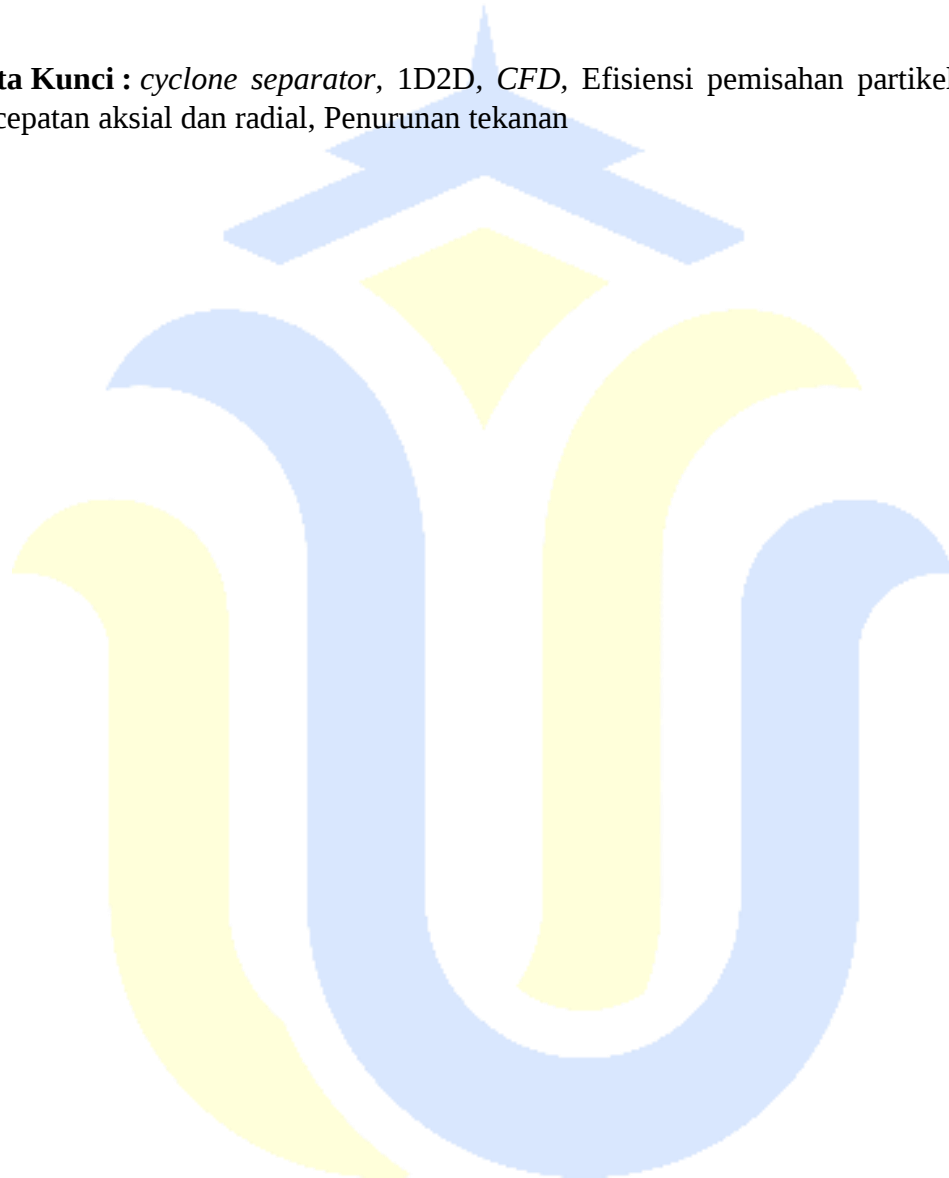
RINGKASAN

Penelitian ini berfokus pada analisis kinerja dan rekomendasi desain *cyclone separator* tipe 1D2D pada mesin *roasting* kopi menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD). *Cyclone separator* digunakan untuk memisahkan partikel kulit ari biji kopi dari aliran udara panas yang dihasilkan selama proses *roasting*. Desain *cyclone* yang ada di laboratorium teknik mesin universitas muria kudus saat ini kurang efektif karena tidak memiliki *cone* dan *dust outlet*, sehingga partikel keluar berhamburan bersama udara melalui outlet bersih dan terjadi penumpukan partikel di dalam *cyclone*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *cyclone* pada mesin *roasting* kopi, membandingkan desain lama dengan desain baru tipe 1D2D, dan merekomendasikan desain yang lebih efisien.

Simulasi *CFD* dilakukan menggunakan ANSYS untuk mengevaluasi kinerja dan efisiensi kedua desain *cyclone*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain 1D2D lebih unggul dalam efisiensi pemisahan partikel dibandingkan desain lama. Desain baru berhasil mengarahkan 0% partikel ke outlet atas dan 83% ke outlet bawah, sedangkan desain lama mengarahkan 35% partikel ke outlet atas dan 11% ke outlet bawah. Penurunan tekanan pada desain 1D2D lebih tinggi (367.93 Pa) dibandingkan desain lama (115,18 Pa). Distribusi kecepatan aksial dan radial pada desain lama kurang merata, dengan konsentrasi kecepatan tinggi di tengah *cyclone*. Sebaliknya, desain 1D2D memiliki distribusi kecepatan yang lebih merata, mengurangi turbulensi dan meningkatkan efisiensi pemisahan.

Kesimpulannya, desain *cyclone separator* tipe 1D2D lebih efektif dalam meningkatkan efisiensi pemisahan partikel dan mengurangi penurunan tekanan dibandingkan desain lama. Oleh karena itu, desain 1D2D direkomendasikan sebagai pengganti desain *cyclone* yang lama pada mesin *roasting* kopi di laboratorium teknik mesin universitas muria kudus.

Kata Kunci : *cyclone separator*, 1D2D, *CFD*, Efisiensi pemisahan partikel, Kecepatan aksial dan radial, Penurunan tekanan



**ANALISIS KINERJA DAN REKOMENDASI DESAIN BARU
CYCLONSEPARATOR TIPE 1D2D PADA MESIN ROASTING KOPI
DENGAN MENGGUNAKAN CFD**

Nama Mahasiswa : Bagas Zaenal Muttaqin

NIM 202054085

Dosen Pembimbing :

1. Dr. Akhmad Zidni Hudaya. S.T. M.Eng
2. Dr. Rochmad Winarso. S.T., M.T.

ABSTRACT

This study focuses on the performance analysis and design recommendations of a 1D2D type *cyclone separator* in a coffee roasting machine using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation. The *cyclone separator* is used to separate the coffee bean epidermis particles from the hot air flow generated during the roasting process. The current *cyclone* design in the mechanical engineering laboratory of Muria Kudus University is less effective because it does not have a cone and dust outlet, so that the particles scatter with the air through the clean outlet and there is a buildup of particles in the *cyclone*. This study aims to evaluate the performance of the *cyclone* in a coffee roasting machine, compare the old design with the new 1D2D type design, and recommend a more efficient design.

CFD simulations were conducted using ANSYS to evaluate the performance and efficiency of both *cyclone* designs. The simulation results show that the 1D2D design is superior in particle separation efficiency compared to the old design. The new design successfully directs 0% of the particles to the upper outlet and 49% to the lower outlet, while the old design directs 35% of the particles to the upper outlet and 11% to the lower outlet. The pressure drop in the 1D2D design is higher (367.93 Pa) than the old design (115.18 Pa). The axial and radial velocity distribution in the old design is less even, with a high velocity

concentration in the center of the *cyclone*. In contrast, the 1D2D design has a more even velocity distribution, reducing turbulence and improving separation efficiency.

In conclusion, the 1D2D type *cyclone separator* design is more effective in improving particle separation efficiency and reducing pressure drop than the old design. Therefore, the 1D2D design is recommended as a replacement for the old *cyclone* design on the coffee roasting machine in the mechanical engineering laboratory of Muria University, Kudus.

Keywords: *cyclone separator*, 1D2D, CFD, Particle separation efficiency, Axial and radial velocity, Pressure drop

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
RINGKASAN	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Dasar Teori	8
2.1.1 Pengetahuan Umum Industri Kopi	8

2.1.2	Proses pengelolaan Kopi	10
2.1.3	Roasting Kopi.....	11
2.3	<i>Cyclon</i>	12
2.4	1D2D	13
2.5	Computational Fluid Dynamics (CFD)	14
2.6	Fluida.....	15
2.7	Spesifikasi alat uji	23
2.7.1	Anemometer	23
2.7.2	Termometer	24
2.7.3	Timbangan digital.....	25
BAB III		28
METODOLOGI		28
3.1	Diagram Alir.....	28
3.1.1.	Studi Literatur.....	29
3.1.2.	Pembuatan Geometri Desain Lama Tiga Dimensi	29
3.1.3.	Simulasi Ansys Fluet 23.2	30
3.1.4.	Validasi Data Eksperimen $\leq 100\%$	42
3.1.5.	Pembuatan Geometri Desain Baru Tiga Dimensi.....	43
3.1.6.	Simulasi Ansys Fluet 23.2 Desain Baru	43
3.1.7.	Analisis dan pembahasan	43
3.1.8.	Penarikan Kesimpulan.....	43
3.2	Deskripsi Masalah	43
BAB IV		45
HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Cara Kerja <i>cyclon</i> pada mesin roasting kopi	45
4.2	Perbandingan kinerja desain lama dan <i>cyclon</i> 1D2D dengan variasi 4 bukaan berdsarkan simulasi cfd.....	47
4.2.1	Kecepatan Radial.....	52
4.2.2	<i>Pressure drop</i>	55

4.2.3 Efisiensi	59
4.3 Pembahasan dan analisa	62
BAB V.....	64
KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	71
Lampiran 1. Desain <i>cyclon</i> lama	71
Lampiran 2. Desain <i>cyclon</i> baru 1D2D	72
Lampiran 3. Pengambilan data <i>cyclon</i> desain lama.....	73
Lampiran 4. Partikel track desain lama 50/100	74
Lampiran 5. Partikel track desain baru 50/100.....	75
Lampiran 6. Area Weight average static pressure Area	76
Lampiran 7. Desain lama <i>cyclon</i>	77
Lampiran 8. Desain baru <i>cyclon</i> tipe 1D2D	78
Lampiran 9. Langkah – langkah desain <i>cyclon</i> baru di simulasi ansys.....	79
Lampiran 10. Buku bimbingan.....	84
Lampiran 11. Turnitin.....	87
Lampiran 12. Bio data penulis	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perkembangan luas areal kopi di Indonesia sumber (Pusdatin, 2020)	9
Gambar 2. 2 Perkembangan luas areal kopi di Indonesia menurut status pengusahaan sumber (Pusdatin, 2020).....	10
Gambar 2. 3 Perkembangan volume ekspor-impor kopi Indonesia sumber (Pusdatin, 2020)	10
Gambar 2. 4 1D2D <i>cyclon configuration</i> (Wang-li, 2004).....	14
Gambar 2. 5 Percobaan aliran Viscous (Andi Suryanto, 2023).....	16
Gambar 2. 6 Mengilustrasikan aliran inviscid melalui sebuah pilar berbentuk tabung (Andi Suryanto, 2023).....	17
Gambar 2. 7 Aliran laminar (Arief dkk., 2013).....	17
Gambar 2. 8 Aliran turbulen (Arief dkk., 2013).....	18
Gambar 2. 9 Aliran transisi (Arief dkk., 2013)	18
Gambar 2. 10 Jenis aliran (a) Internal dan (b) Eksternal (Yunus A. & John M., 2006).....	19
Gambar 2. 11 Gambaran umum viskositas air dan udara (Yunus A. & John M., 2006).....	21
Gambar 2. 12 Gambaran umum viskositas air dan udara (Yunus A. & John M., 2006).....	23
Gambar 2. 13 Alat anemometer.....	23
Gambar 2. 14 Alat termometer.....	25
Gambar 2. 15 Alat timbangan digital	26
Gambar 3. 1 Diagram alir metode penelitian	28
Gambar 3. 2 (a) Desain lama (b) Desain baru	30
Gambar 3. 3 Geometri <i>cyclone</i> dua dimensi (a) Desain <i>cyclone</i> lama (b) Desain 31	
Gambar 3. 4 Hasil <i>meshing</i> (a) Desain <i>cyclon</i> lama (b) Desain <i>cyclon</i> 1D2D.....	32
Gambar 3. 5 <i>Mesh quality</i>	33
Gambar 3. 6 Domain komputasi <i>cyclon</i>	33
Gambar 3. 7 <i>General setting</i> pada simulasi	34
Gambar 3. 8 Pengaktifan <i>energy</i>	35
Gambar 3. 9 Pembuatan <i>viscous</i> model.....	35

Gambar 3. 10 Pembuatan <i>viscous model</i>	36
Gambar 3. 11 Kondisi batas inlet	38
Gambar 3. 12 Thermal gas inlet	38
Gambar 3. 13 Kondisi batas outlet	39
Gambar 3. 14 Kondisi batas <i>wall</i>	39
Gambar 3. 15 Penentuan kriteria konvergensi.....	40
Gambar 3. 16 Penentuan kriteria konvergensi.....	40
Gambar 3. 17 <i>Run calculation</i>	41
Gambar 3. 18 Grafik residual	41
Gambar 3. 19 Perbandingan nilai <i>velocity</i> hasil simulasi dengan hasil eksperimen	42
Gambar 4. 1 Kinerja <i>cyclon</i>	45
Gambar 4. 2 <i>Pathlines</i> (a) Desain <i>cyclon</i> lama (b) Desain <i>cyclon</i> baru bukaan ...	46
Gambar 4. 3 Plan desain (a) Plan desain lama (b) Plan desain baru bukaan bukaan katub Kecepatan <i>Axial</i>	48
Gambar 4. 4 (a) <i>Axial velocity</i> desain lama (b) <i>Axial velocity</i> desain baru bukaan bukaan katub 50/100	48
Gambar 4. 5 (a) <i>Axial velocity</i> 50/50 (b) <i>Axial velocity</i> 50/100 (c) <i>Axial velocity</i> 100/50 (d) <i>Axial velocity</i> 100/100	51
Gambar 4. 6 (a) <i>Radial velocity</i> desain lama (b) <i>Radial velocity</i> desain baru bukaan bukaan katub 50/100	52
Gambar 4. 7 (a) <i>Radial velocity</i> 50/50, (b) <i>Radial velocity</i> 50/100, (c) <i>Radial</i> <i>velocity</i> 100/50, (d) <i>Radial velocity</i> 100/100.....	54
Gambar 4. 8 Grafik <i>pressure drop</i>	56
Gambar 4. 9 (a) <i>Pressure</i> desain lama (b) <i>Pressure</i> desain baru variasi bukaan katub 50/100.....	57
Gambar 4. 10 (a) <i>Pressure drop</i> 50/50 (b) <i>Pressure drop</i> 50/100 (c) <i>Pressure drop</i> 100/50 (d) <i>Pressure drop</i> 100/100.....	58
Gambar 4. 11 Grafik <i>efisiensi</i>	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi alat uji anemometer	24
Tabel 2. 2 Spesifikasi alat uji termometer	25
Tabel 2. 3 Spesifikasi alat uji timbangan digital.....	26
Tabel 3. 1 <i>Conventional dimensions</i>	31
Tabel 4. 1 <i>Cyclon</i> Desain Lama dan Baru	60
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan <i>efisiensi</i> bukaan katub 4 variasi	61

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan	Nomor Persamaan
ρ	massa jenis	kg/m ³	2.1
m	massa	kg	2.1
V	volume	m ³	2.1
ω	kecepatan sudut	rad/s	2.2
c	konstanta kecepatan suara	m/s	2.3
r	radius	m	2.3
θ	tangensial		2.3
D_h	diameter hidrolik	mm	3.1
a	lebar inlet	mm	3.1
b	tinggi inlet	mm	3.1
Re	Bilangan reynold		3.2
μ	viskositas fluida	Ns/m ²	3.2
I	intensitas turbulensi	%	3.3
ϵ	error	%	3.4
Z_a	nilai eksperimen	m/s	3.4
Z_s	data simulasi	m/s	3.4
MAPE	mean absolute percentage error	%	3.5
ΔP	pressure drop	Pa	4.1
P_{in}	tekanan masuk	Pa	4.1
P_{out}	tekanan keluar	Pa	4.1
η	efisiensi	%	4.2
$N_{trapped}$	particle escape di outlet		4.2
N_{total}	total of injected particle		4.2

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

CFD	=	<i>Computational Fluid Dynamic</i>
OA	=	<i>Outlet Atas</i>
OB	=	<i>Outlet Bawah</i>
Dh	=	<i>Diameter Hidrolik</i>
PR	=	<i>Perkebunan Rakyat</i>
PBS	=	<i>Pertanian Besar Swasta</i>
PBN	=	<i>Pertanian Besar Nasional</i>
RSM	=	<i>Reynolds Stress Model</i>
DPM	=	<i>Discrete Phase Model</i>
PSD	=	<i>Particle Size Distribution</i>
SWOT	=	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats</i>
PSD	=	<i>Particle Size Distribution</i>
DPM	=	<i>Dense Discrete Phase Model</i>