

SKRIPSI

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN DAN SUHU
TERHADAP DISTRIBUSI *FOULING* PADA *HEAT
EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE* : STUDI
NUMERIK DENGAN *COMPUTATIONAL FLUID
DYNAMICS* (STUDI KASUS PT XYZ)**



Oleh :

Alvin Muhammad
NPM. 21036010044

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2025**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN DAN SUHU TERHADAP DISTRIBUSI
FOULING PADA HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE : STUDI NUMERIK
DENGAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (STUDI KASUS PT XYZ)**

Disusun oleh:

ALVIN MUHAMMAD

NPM. 21036010044

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Pada Hari Jumat, 21 November 2025

Dosen Penguji 1



Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NIP. 19940311 202506 2 005

Dosen Penguji 2



Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc
NIP. 19940428 202203 2 011

Dosen Pembimbing



Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 19930120 202406 1 001

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP. 19640611 199203 2 001

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294 Telp. 031-8782179
Email: teknikmesin@upnjatim.ac.id , Laman : <http://tekmesin.upnjatim.ac.id/>

KETERANGAN BEBAS REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Alvin Muhammad
NPM : 21036010044
Program Studi : Teknik Mesin
Tanggal Sidang Seminar Hasil : Jumat, 21 November 2025

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi *) ~~PRA RENCANA (DESAIN) / SEMINAR PROPOSAL /~~
SKRIPSI /TUGAS AKHIR Ujian Lisan Periode II, TA .2025/2026.

Dengan judul : PENGARUH KECEPATAN ALIRAN DAN SUHU TERHADAP DISTRIBUSI
FOULING PADA HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE : STUDI NUMERIK DENGAN
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (STUDI KASUS PT XYZ)

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi:

1. Tria Puspa Sari, S.T., M.S.

()

2. Radişsa Dzaky İssafira, S.T., M.Sc

()

Surabaya,

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

()

Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.

NIP. 19930120 202406 1 001

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alvin Muhammad
NPM : 21036010044
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Fakultas Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 7 Desember 2025
Yang Menyatakan,



Alvin Muhammad
NPM. 21036010044

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Kecepatan Aliran dan Suhu terhadap Distribusi *Fouling* pada *Heat Exchanger* Tipe *Shell and Tube* : Studi Numerik dengan *Computational Fluid Dynamics* (Studi Kasus PT XYZ)” dengan lancar. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang membawa cahaya terang bagi seluruh umat manusia yang mau berpikir. Tugas Akhir ini disusun agar memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan lancar tak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu **Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu **Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak **Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.** selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
4. Ibu **Tria Puspa Sari, S.T., M.S.** dan Ibu **Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.** selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak **Ndaru Adyono, S.Si., M.T.** selaku dosen wali yang tanpa henti memberikan masukan motivasi untuk penyusunan usulan penelitian hingga skripsi.
6. Ibu **Nur Suci Ramadhani** selaku koordinator PKL PT XYZ.
7. Bapak **Septian Surya Dani** selaku pembimbing lapangan bidang engineering system owner PT XYZ.
8. Seluruh dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.

9. Seluruh anggota bidang pemeliharaan mesin PLTU – G dan engineering system owner yang telah membantu selama penyelesaian tugas akhir dan praktik kerja lapangan.
10. Bapak **Hariyadi** dan Ibu **Isnul Hudayah** selaku orang tua yang telah memberikan segala dukungan, semangat, perhatian, doa serta telah mendidik dan membesarkan penulis dalam limpahan kasih sayang. Terima kasih atas apa yang telah diberikan.
11. Kekasih saya **Halimatus Sa'diyah** yang selalu memberikan momen bahagia kepada penulis saat proses perkuliahan dan utamanya saat melewati proses tugas akhir.
12. Teman – teman seluruh angkatan Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan semangat, dukungan serta mau diajak bertukar informasi, tentunya juga saling mendoakan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dalam penyempurnaan penulisan laporan tugas akhir ini. Akhirnya, dengan mengharap ridho dari Allah Subhanawata'ala, semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 8 Desember 2025



Alvin Muhammad

NPM. 21036010044

ABSTRAK

Fouling pada *heat exchanger* tipe *shell and tube* merupakan masalah krusial di industri yang menurunkan efisiensi perpindahan panas, di mana kecepatan aliran dan suhu fluida memegang peranan vital dalam proses pembentukannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kecepatan aliran dan suhu terhadap distribusi *fouling* serta menentukan pengaturan operasional yang optimal guna meminimalkan pembentukannya. Metode yang digunakan adalah studi numerik *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan perangkat lunak ANSYS 2024 R2 dengan model turbulensi SST $k-\omega$, yang mensimulasikan data operasional historis (JAM 11 hingga JAM 15) pada geometri *heat exchanger* di PT XYZ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan "JAM 11" menciptakan kondisi yang paling rentan terhadap *fouling*, ditandai dengan zona aliran stagnan, tekanan rendah, dan munculnya "*hot spots*". Sebaliknya, pengaturan "JAM 14" terbukti paling unggul dengan menghasilkan aliran berkecepatan tinggi yang seragam dan nilai *Turbulent Kinetic Energy* (TKE) tertinggi, sehingga menciptakan efek "*self-cleaning*". Disimpulkan bahwa pengaturan "JAM 14" merupakan kondisi operasional yang paling optimal karena mampu menekan *fouling* mekanis dan termal secara komprehensif; oleh karena itu, disarankan untuk menerapkan pengaturan operasional "JAM 14" pada unit tersebut guna mencapai mitigasi *fouling* yang efektif di seluruh bagian *heat exchanger*.

Kata Kunci: *fouling* , *heat exchanger shell and tube*, *computational fluid dynamics* (cfd), kecepatan aliran, suhu

ABSTRACT

Fouling in shell and tube heat exchangers is a crucial issue in the industry that reduces heat transfer efficiency, where flow velocity and fluid temperature play a vital role in its formation. This research aims to analyze the influence of flow velocity and temperature variations on fouling distribution and to determine the optimal operational settings to minimize its formation. The method employed is a numerical Computational Fluid Dynamics (CFD) study using ANSYS 2024 R2 software with the SST $k-\omega$ turbulence model, simulating historical operational data (JAM 11 to JAM 15) on the heat exchanger geometry at PT XYZ. The results indicate that the "JAM 11" setting creates the condition most susceptible to fouling, characterized by stagnant flow zones, low pressure, and the emergence of "hot spots". Conversely, the "JAM 14" setting proved to be the most superior by producing uniform high-velocity flow and the highest Turbulent Kinetic Energy (TKE) values, creating a "self-cleaning" effect. It is concluded that the "JAM 14" setting is the most optimal operational condition as it is capable of comprehensively suppressing mechanical and thermal fouling; therefore, it is recommended to implement the "JAM 14" operational setting on the unit to achieve effective fouling mitigation throughout the entire heat exchanger.

Keywords: *fouling , heat exchanger shell and tube, computational fluid dynamics (cfD), flow velocity, temperature*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR BEBAS REVISI.....	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Manfaat Teoritis.....	4
1.5.2 Manfaat Praktis.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu terkait Pengaruh Kecepatan dan Temperatur Aliran terhadap Pembentukan <i>Fouling</i>	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Computational Fluid Dynamic	7
2.2.2 Langkah-Langkah Simulasi <i>CFD</i>	8
2.2.3 <i>Similarity and Symmetry Method</i>	12
2.2.4 <i>Heat Exchanger Tipe Shell and Tube</i>	13
2.2.5 <i>Shell and Tube Exchanger's Components</i>	15
2.2.6 <i>Fouling</i>	22

2.2.7	<i>Grid Independent Test</i>	24
2.3	Hipotesis	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2	<i>Flowchart</i>	27
3.3	Alat Penelitian	28
3.4	Variabel Penelitian.....	29
3.4.1	Variabel Bebas	29
3.4.2	Variabel Tetap	29
3.4.3	Variabel Terikat.....	31
3.5	Pengolahan Data Input dengan <i>Similarity and Symmetry Method</i>	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	<i>Grid Independent Test</i>	34
4.2	Analisa Pola Distribusi Tekanan Berdasarkan Kontur Dan Grafik	35
4.3	Analisa Pola Distribusi Temperature Berdasarkan Kontur Dan Grafik.....	39
4.4	Analisa Pola Distribusi Turbulent Kinetic Energi Berdasarkan Kontur Dan Grafik.....	43
4.5	Analisa Pola Distribusi Kecepatan Aliran Berdasarkan Kontur Dan Grafik.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ANSYS Mesh Metrics Recommendations	9
Gambar 2.2 Performance indicators of the BTES during the storage phase. (a) Heat loss percentage and heat storage in the core area; (b) Energy density; (c) Exergy destruction loss in the core area; (d) Exergy destruction loss distribution at the initial stage of s stage of storage (0–21 days).	13
Gambar 2.3 Tube Layout Arrangements	17
Gambar 2.4 Two-Pass Exchanger (BET) with A Pull-Through (T) Rear-End Head.....	21
Gambar 2.5 Experimental results: (a) heat flux applied to the base at different silicon base temperatures using nanofluid; (b) performance curve of the number of trials conducted for each device; (c) heat flux applied to the base at different silicon base temperatures using both water and nanofluid (black solid line is base performance for experiment ran with the channel with no MWNTs and water).	25
Gambar 3.1 Flowchart	28
Gambar 4.1 Grafik <i>Grid Independent Test</i>	33
Gambar 4.2 Kontur Distribusi Tekanan pada Penampang.....	35
Gambar 4.3 Grafik Distribusi Tekanan pada Penampang	38
Gambar 4.4 Kontur Distribusi Temperatur pada Penampang.....	42
Gambar 4.5 Grafik Distribusi Temperatur pada Penampang.....	44
Gambar 4.6 Kontur Distribusi Turbulent Kinetic Energy pada Penampang	48
Gambar 4.7 Grafik Distribusi Turbulent Kinetic Energy pada Penampang	50
Gambar 4.8 Kontur Distribusi Kecepatan Aliran pada Penampang	54
Gambar 4.9 Grafik Distribusi Kecepatan Aliran pada Penampang	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu terkait Pengaruh Kecepatan dan Temperatur Aliran terhadap Pembentukan <i>Fouling</i>	5
Tabel 2.2 <i>Similarity Relationships of Parameters between The Model and Theprototype.</i>	12
Tabel 2.3 <i>Shell-SIDE Flow Arrangement for Various Shell Types</i>	18
Tabel 3.1 Riwayat Operasi HPH 7 PT XYZ pada tanggal 13-01-2024.....	29
Tabel 3.2 Dimensi Geometri <i>Heat Exchanger</i> tipe <i>Shell and Tube</i>	29
Tabel 3.3 Sifat Material JIS SF50A.....	30
Tabel 3.4 Hasil Perhitungan <i>Fluid Flow Inlet</i> dengan <i>Similarity and Symmetry Method</i>	31
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan <i>Temperature Inlet</i> dengan <i>Similarity and Symmetry Method</i>	32
Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Operasi Total <i>Inlet</i> dengan <i>Similarity and Symmetry Method</i>	32