OPTIMASI JUMLAH *FIN* PADA RADIATOR *TUBE-AND-FIN* MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK *CONJUGATE HEAT TRANSFER* (CHT)

TUGAS AKHIR
SKRIPSI

ANANG LESTYO AJI
41324120017

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026

lib.mercubuana.ac.id

OPTIMASI JUMLAH *FIN* PADA RADIATOR *TUBE-AND-FIN* MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK *CONJUGATE HEAT TRANSFER* (CHT)

TUGAS AKHIR
SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

ANANG LESTYO AJI
41324120017

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	ANANG LESTYO AJI
NIM	:	41324120017
Fakultas/Program Studi	:	FAKULTAS TEKNIK / TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:
"Optimasi Jumlah *Fin* pada Radiator *Tube-and-Fin* Menggunakan Simulasi Numerik *Conjugate Heat Transfer* (CHT)" adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 20 Agustus 2026



ANANG LESTYO AJI

lib.mercubuana.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama	:	**ANANG LESTYO AJI**
NIM	:	**41324120017**
Program Studi	:	**Teknik Mesin**
Judul Tugas Akhir / Tesis / Praktek Keinsinyuran	:	**OPTIMASI JUMLAH FIN PADA RADIATOR TUBE-AND-FIN MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK CONJUGATE HEAT TRANSFER (CHT)**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Jumat, 21 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **13 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 21 Agustus 2026
Administrator Turnitin,

Itmam Haidi Syarif

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	:	ANANG LESTYO AJI .
NIM	:	41324120017
Fakultas/Program Studi	:	FAKULTAS TEKNIK / TEKNIK MESIN
Judul Tugas Akhir	:	OPTIMASI JUMLAH *FIN* PADA RADIATOR *TUBE-AND-FIN* MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK *CONJUGATE HEAT TRANSFER* (CHT)

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 10 Agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing

Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng., Ph.D
NIDN : 0314109101

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 20 Agustus 2026
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik	Ketua Program Studi
Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.	Dr. Eng, Imam Hidayat, S.T, M.T.
NIDN: 0307037202	NIDN: 0005087502

lib.mercubuana.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin
4. Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
5. Ibunda yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini;
6. Rekan-rekan yang selalu memberikan dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 20 Agustus 2026



ANANG LESTYO AJI

UNIVERSITAS MERCU BUANA
lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	ANANG LESTYO AJI
NIM	:	41324120017
Fakultas/Program Studi	:	FAKULTAS TEKNIK / TEKNIK MESIN
Judul Tugas Akhir	:	Optimasi Jumlah *Fin* pada Radiator *Tube-and-Fin* Menggunakan Simulasi Numerik *Conjugate Heat Transfer* (CHT)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Jakarta, 20 Agustus 2026

Yang menyatakan,



(ANANG LESTYO AJI)

lib.mercubuana.ac.id

OPTIMASI JUMLAH *FIN* PADA RADIATOR *TUBE-AND-FIN* MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK *CONJUGATE HEAT TRANSFER* (CHT)

ANANG LESTYO AJI

ABSTRAK

Radiator tipe *tube-and-fin* bekerja dengan membuang kalor dari cairan pendingin ke udara melalui sirip (*fin*) yang berperan sebagai perluasan permukaan perpindahan kalor. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi jumlah sirip terhadap perpindahan kalor dan *pressure drop* udara, sekaligus menentukan konfigurasi optimum. Simulasi numerik tiga dimensi dilakukan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan pendekatan *Reynolds-Averaged Navier-Stokes* (RANS), model turbulensi k-ω SST, dan *Conjugate Heat Transfer* (CHT). Pendekatan CHT dipilih karena menyelesaikan konduksi pada padatan dan konveksi pada fluida secara serentak melalui antarmuka *coupled*, sehingga koefisien konveksi maupun temperatur dinding tidak perlu diasumsikan, melainkan diperoleh langsung sebagai hasil perhitungan. Domain simulasi dibatasi pada satu *Representative Elementary Volume* yang tersusun atas dua bagian setengah tube, sirip aluminium, dan celah udara di antaranya, dengan kondisi adiabatik pada seluruh batas luar. Variasi yang diteliti meliputi 1, 2, 3, dan 4 sirip dengan celah berturut-turut 0,80 mm; 0,50 mm; 0,35 mm; dan 0,26 mm pada fin pitch tetap 1,7 mm. Kondisi operasi ditetapkan pada kecepatan udara masuk 6 m/s, kecepatan coolant 0,5 m/s, dan temperatur masuk *coolant* 363,15 K. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan jumlah sirip meningkatkan perpindahan kalor, namun diikuti kenaikan *pressure drop* udara. Evaluasi menggunakan metode *Weighted Sum* dengan bobot 60% perpindahan kalor dan 40% pressure drop menghasilkan nilai fungsi objektif tertinggi sebesar 0,8635 pada konfigurasi 3 sirip. Regresi polinomial menempatkan titik optimum teoritis pada N = 3,017 sirip, setara dengan celah sirip sekitar 0,34847 mm. Dengan demikian, konfigurasi 3 sirip dengan celah 0,35 mm merupakan konfigurasi terpilih karena memberikan keseimbangan terbaik antara peningkatan perpindahan kalor dan kenaikan *pressure drop* udara.

Kata Kunci : Radiator *tube-and-fin*, CFD, RANS, *k-ω SST*, *Conjugate Heat Transfer*, optimasi, *pressure drop*.

lib.mercubuana.ac.id

OPTIMIZING THE NUMBER OF FINS IN A TUBE-AND-FIN RADIATOR USING CONJUGATE HEAT TRANSFER (CHT) NUMERICAL SIMULATIONS

ANANG LESTYO AJI

ABSTRACT

A tube-and-fin radiator dissipates heat from the coolant to the air through fins that increase the heat transfer surface area. This study aims to analyze the effect of fin number on heat transfer and air-side pressure drop, as well as to determine the optimum fin configuration. A three-dimensional numerical simulation was performed using Computational Fluid Dynamics (CFD) with the Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) approach, the SST k-ω turbulence model, and Conjugate Heat Transfer (CHT). The CHT approach was adopted because it simultaneously solves heat conduction in the solid and convection in the fluid through a Coupled interface, allowing the wall temperature and heat transfer coefficient to be obtained directly from the simulation rather than assumed. The study considered four fin configurations (1, 2, 3, and 4 fins) with fin gaps of 0.80 mm, 0.50 mm, 0.35 mm, and 0.26 mm, respectively, while maintaining a constant fin pitch of 1.7 mm. The operating conditions were set at an inlet air velocity of 6 m/s, a coolant velocity of 0.5 m/s, and a coolant inlet temperature of 363.15 K. The simulation results show that increasing the number of fins improves heat transfer but also increases the air-side pressure drop. Evaluation using the Weighted Sum method, with weights of 60% for heat transfer and 40% for pressure drop, yielded the highest objective function value of 0.8635 for the three-fin configuration. Polynomial regression predicted a theoretical optimum at N = 3.017 fins, corresponding to a fin gap of approximately 0.34847 mm. Therefore, the three-fin configuration with a 0.35 mm fin gap is considered the optimum design because it provides the best balance between enhanced heat transfer and increased air-side pressure drop.

Keywords: *Tube-and-fin radiator,* CFD, RANS, *k-ω SST*, *Conjugate Heat Transfer*, *optimization*, *pressure drop*.

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL **0**

HALAMAN JUDUL **i**

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI **ii**

HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN **iii**

HALAMAN PENGESAHAN **iv**

KATA PENGANTAR **v**

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI **vi**

TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB **vi**

ABSTRAK **vii**

ABSTRACT **viii**

DAFTAR ISI **ix**

DAFTAR TABEL **xii**

DAFTAR GAMBAR **xiii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1. LATAR BELAKANG 1

1.2. RUMUSAN MASALAH 2

1.3. TUJUAN PENELITIAN 2

1.4. MANFAAT PENELITIAN 2

1.5. BATASAN MASALAH 3

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**

2.1. DASAR PERPINDAHAN KALOR 6

2.2. PERPINDAHAN KALOR DAN *PRESSURE DROP* PADA RADIATOR *TUBE AND FIN* 7

2.3. FUNGSI SIRIP DAN FENOMENA PENURUNAN TEKANAN (*PRESSURE DROP*) 8

2.4. DASAR *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* (CFD) UNTUK SIMULASI 9

2.5. MODEL TURBULENSI RANS DAN KETERKAITANNYA DENGAN PERSAMAAN ENERGI 10

2.6. PERSAMAAN PENGATUR 11

2.7. OPTIMASI SISTEM PENDINGIN 13

lib.mercubuana.ac.id

2.8. *CONJUGATE HEAT TRANSFER* (CHT) DAN BATAS KOPLING (*COUPLED WALL*) 16
2.9. TINJAUAN PENELITIAN SEBELUMNYA 16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 20
3.1. DIAGRAM ALIR PENELITIAN 20
3.2. TAHAPAN PENELITIAN 23
3.2.1 Studi Literatur 23
3.2.2 Pemodelan Geometri Radiator 24
3.2.3 Pembentukan Antarmuka *Coupled* Pada *SpaceClaim* 24
3.2.4 Karakteristik Material dan Kondisi Batas (*Boundary Conditions*) 25
3.2.5 Simulasi CFD (ANSYS *Fluent*) 26
3.2.6 Validasi *Mesh* (Uji Independensi *Grid*) 31
3.2.7 Ekstraksi Data Hasil Simulasi 31
3.2.8 Analisis Data dan Regresi Polinomial 32
3.2.9 Optimasi Matematis (Kalkulus Diferensial) 32
3.2.10 Evaluasi Hasil Optimasi 32
3.2.11 Kesimpulan dan Rekomendasi 33
3.3. ALAT DAN BAHAN 33
3.2.1.Alat 33
3.2.2.Bahan 34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 36
4.1. EKSTRAKSI DATA SIMULASI NUMERIK 36
4.1.1 Pengaruh Variasi Jumlah *Fin* terhadap Karakteristik Termal Udara 36
4.1.2 Pengaruh Variasi Jumlah *Fin* terhadap *Pressure drop* Udara 37
4.1.3 Pengaruh Jumlah *Fin* terhadap Kinerja Penurunan Temperatur *Coolant* 39
4.1.4 *Trade-off* antara *Pressure drop* dan Penurunan Temperatur *Coolant* 41
4.1.5 Pengaruh Variasi *Fin* terhadap Kebutuhan Daya Kipas dan *Net Work Coolant* 42
4.2. VISUALISASI FENOMENA ALIRAN MELALUI KONTUR CFD 42
4.3. PERHITUNGAN DAN PENENTUAN OPTIMASI DESAIN 45
4.3.1 Perhitungan Normalisasi dan Fungsi Objektif 45

lib.mercubuana.ac.id

4.3.2 Analisis Data Berdasarkan Regresi Polinomial 47
4.3.3 Penentuan Titik Optimum (Kalkulus Diferensial) 49
4.3.4 Validasi dengan Pengujian Turunan Kedua 50
4.3.5 Konversi Jumlah Sirip Optimum Menjadi Gap Sirip 50
4.4. PEMBAHASAN HASIL OPTIMASI 51
4.5. PENGEMBANGAN FUNGSI OBJEKTIF 52
BAB V PENUTUP **54**
5.1. KESIMPULAN 54
5.2. SARAN 54
DAFTAR PUSTAKA **56**

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya 17

Tabel 3. 1 Parameter *Meshing* 26

Tabel 3. 2 Kondisi Batas Simulasi pada Domain 28

Tabel 3. 3 Penerapan *Conjugate Heat Transfer* dan Daftar Antarmuka yang Dikopel di ANSYS *Fluent* 30

Tabel 3. 4 Data Ukuran Spesimen Radiator simetris (1/2 *tube* – celah *fin* – ½ *tube*) 34

Tabel 3. 5 Kondisi Operasional (Tetap) 35

Tabel 4. 1 Kenaikan Temperatur Udara (ΔT Udara) pada Berbagai Variasi *Fin* 36

Tabel 4. 2 Penurunan Tekanan (ΔP) Udara pada Berbagai Variasi *Fin* 37

Tabel 4. 3 Penurunan Temperatur *Coolant* (ΔT) pada Berbagai Variasi *Fin* 39

Tabel 4. 4 Kerja Kipas dan Laju Termal Bersih (Net W) 42

Tabel 4. 5 Selisih Temperatur *Coolant* (K) dan Selisih *Pressure* Udara (Pa) 45

Tabel 4. 6 Hasil normalisasi dan fungsi objektif. 47

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sirip (*Fin*) pada Radiator 9
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 20
Gambar 3. 2 Diagram Alir Simulasi CFD 21
Gambar 3. 3 Diagram Alir Optimasi (*Weighted Sum* dan Regresi Polinomial) 22
Gambar 3. 4 Model *Meshing* 27
Gambar 3. 5 Kondisi Batas Model 1/2 *tube* – 1 *fin* – 1/2 *tube* (Tampilan Isometrik) 28
Gambar 3. 6 Kondisi Batas Model 1/2 *tube* – 1 *fin* – 1/2 *tube* (Penampang 2D) 28
Gambar 3. 7 Penerapan Kondisi Batas Inlet dan Outlet Coolant pada ANSYS Fluent 31
Gambar 3. 8 Desain CAD Radiator 34
Gambar 4. 1 Kenaikan Temperatur Udara 37
Gambar 4. 2 Grafik *Pressure drop* 38
Gambar 4. 3 Penurunan *Temperature Coolant* 40
Gambar 4. 4 *Trade Off* antara *Pressure drop* dan Penurunan Temperatur *Coolant* 41
Gambar 4. 5 Kontur Temperatur pada Bidang Potong *Tube* dan Celah Sirip 43
Gambar 4. 6 Kontur Tekanan Udara pada Bidang Potong Celah Sirip 44
Gambar 4. 7 Regresi Polinomial Objektif 48

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id