EVALUASI EFEK KONVEKSI ALAMI TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR DAN FRAKSI PADATAN SELAMA PROSES SOLIDIFIKASI ALUMINIUM MENGGUNAKAN MODEL ENTALPI-POROSITAS

TUGAS AKHIR
SKRIPSI

RETNO DWI WULANDARI
NIM : 41324110009

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCUBUANA
JAKARTA
2026

lib.mercubuana.ac.id

EVALUASI EFEK KONVEKSI ALAMI TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR DAN FRAKSI PADATAN SELAMA PROSES SOLIDIFIKASI ALUMINIUM MENGGUNAKAN MODEL ENTALPI-POROSITAS

TUGAS AKHIR
SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

RETNO DWI WULANDARI
41324110009

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCUBUANA
JAKARTA
2026

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Retno Dwi Wulandari
NIM	:	41324110009
Fakultas/Program Studi	:	Teknik/Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:
"Evaluasi Efek Konveksi Alami Terhadap Perubahan Temperatur dan Fraksi Padatan Selama Proses Solidifikasi Aluminium Menggunakan Model Entalpi-Porositas" 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, 12 Agustus 2026



Retno Dwi Wulandari

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN

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:

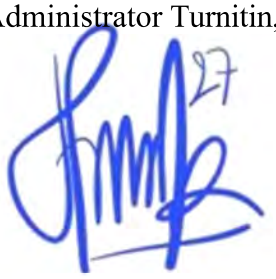
Nama	:	**Retno Dwi Wulandari**
NIM	:	**41324110009**
Program Studi	:	**Teknik Mesin**
Judul Tugas Akhir / Tesis / Praktek Keinsinyuran	:	**Evaluasi Efek Konveksi Alami Terhadap Perubahan Temperatur dan Fraksi Padatan Selama Proses Solidifikasi Aluminium Menggunakan**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Jumat, 21 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **9 %** 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

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	:	Retno Dwi Wulandari
NIM	:	41324110009
Fakultas/Program Studi	:	Teknik/Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	Evaluasi Efek Konveksi Alami Terhadap Perubahan Temperatur dan Fraksi Padatan Selama Proses Solidifikasi Aluminium Menggunakan Model Entalpi-Porositas

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 12 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, S.T., M.Eng., Ph.D
NIK/NIP : 116910555/0314109101

Jakarta, 19 Agustus 2026
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NIDN:0307037202

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T
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, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin
4. Alief Avicenna Luthfie, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa yang tidak penah putus, kasih sayang yang tanpa syarat serta dukungan, kepercayaan dan dorongan semangat yang menguatkan untuk pantang menyerah dan bertahan hingga titik ini.
6. Teman-teman yang di perantauan yang sudah rela membagi ruang, waktu dan kesabaran untuk membantu dan menampung penulis selama masa perkuliahan..
7. Diri sendiri yang telah bertahan dan melangkah sejauh ini tanpa pernah memilih untuk menyerah. Terima kasih sudah kuat menjalani peran ganda yang tidak mudah, berangkat kerja di pagi hari, menuntaskan tanggung jawab di tempat kerja, lalu kembali berjuang menyelesaikan pekerjaan tambahan hingga larut malam. Ditengah padatnya rutinitas, rasa lelah yang bertumpuk dan waktu istirahat yang sering kali terenggut, kamu tetap mampu membagi focus untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah memaafkan rasa lelahmu.

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, 12 Agustus 2026



Retno Dwi Wulandari

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	:	Retno Dwi Wulandari
NIM	:	41324110009
Fakultas/Program Studi	:	Teknik/Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	Evaluasi Efek Konveksi Alami Terhadap Perubahan Temperatur dan Fraksi Padatan Selama Proses Solidifikasi Aluminium Menggunakan Model Entalpi-Porositas

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, 12 Agustus 2026

Yang menyatakan,



(Retno Dwi Wulandari)

lib.mercubuana.ac.id

EVALUASI EFEK KONVEKSI ALAMI TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR DAN FRAKSI PADATAN SELAMA PROSES SOLIDIFIKASI ALUMINIUM MENGGUNAKAN MODEL ENTALPI-POROSITAS

RETNO DWI WULANDARI

ABSTRAK

Proses solidifikasi logam merupakan tahap penting dalam industri pengecoran yang sangat dipengaruhi oleh mekanisme perpindahan kalor dan dinamika aliran fluida. Konveksi alami yang timbul akibat gradien temperatur dan perbedaan densitas di dalam logam cair berperan penting dalam menentukan distribusi temperatur serta fraksi padatan selama proses berlangsung, namun pengaruhnya belum dikaji secara komparatif dan terukur pada penelitian-penelitian terdahulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh konveksi alami terhadap perubahan temperatur dan evolusi fraksi padatan selama proses solidifikasi aluminium cair menggunakan pendekatan numerik. Simulasi dilakukan pada domain komputasi berbentuk persegi berukuran 100 mm × 100 mm dengan model entalpi-porositas pada dua skenario, yaitu (1) model entalpi tanpa konveksi alami dan (2) model entalpi-porositas dengan konveksi alami yang mengintegrasikan persamaan kekekalan massa, momentum, dan energi secara simultan menggunakan pendekatan Boussinesq dengan asumsi aliran laminar. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa konveksi alami, temperatur hanya turun dari 950 K menjadi 940,54 K dengan fraksi padatan akhir sekitar 0,000174 (0,0174%) setelah 3.600 detik, karena perpindahan kalor hanya berlangsung melalui konduksi. Sebaliknya, pada kondisi dengan konveksi alami, temperatur turun lebih cepat hingga mencapai 933,77 K dengan fraksi padatan akhir sekitar 0,372 (37,2%) pada waktu yang sama. Hasil ini membuktikan bahwa konveksi alami memberikan pengaruh signifikan dalam mempercepat laju pendinginan dan pembentukan fase padat, sehingga tidak dapat diabaikan dalam pemodelan numerik proses solidifikasi aluminium.

Kata Kunci: Konveksi Alami, Solidifikasi, Fraksi Padatan, Model Entalpi-Porositas, Aluminium

lib.mercubuana.ac.id

EVALUASI EFEK KONVEKSI ALAMI TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR DAN FRAKSI PADATAN SELAMA PROSES SOLIDIFIKASI ALUMINIUM MENGGUNAKAN MODEL ENTALPI-POROSITAS

RETNO DWI WULANDARI

ABSTRACT

The metal solidification process is a critical stage in the casting industry, significantly influenced by heat transfer mechanisms and fluid flow dynamics. Natural convection arising from temperature gradients and density differences within the liquid metal plays an important role in determining temperature distribution and solid fraction evolution during the process; however, its influence has not been thoroughly investigated through direct comparison in previous studies. This study aims to evaluate the effect of natural convection on temperature change and solid fraction evolution during the solidification of liquid aluminum using a numerical approach. Simulations were conducted on a square computational domain measuring 100 mm × 100 mm using the enthalpy-porosity model under two scenarios: (1) an enthalpy model without natural convection, and (2) an enthalpy-porosity model with natural convection, which simultaneously integrates the conservation equations of mass, momentum, and energy using the Boussinesq approximation under the assumption of laminar flow. The simulation results show that without natural convection, the temperature decreased only from 950 K to 940.54 K, with a final solid fraction of approximately 0.000174 (0.0174%) after 3,600 seconds, as heat transfer occurred solely through conduction. In contrast, with natural convection, the temperature decreased more rapidly, reaching 933.77 K, with a final solid fraction of approximately 0.372 (37.2%) over the same period. These results demonstrate that natural convection significantly accelerates the cooling rate and the formation of the solid phase, and therefore cannot be neglected in the numerical modeling of aluminum solidification.

Keywords: *Natural Convection, Solidification, Solid Fraction, Enthalpy-Porosity Model, Aluminum*

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 TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB **vi**

ABSTRAK **vii**

ABSTRACT **viii**

DAFTAR ISI **ix**

DAFTAR GAMBAR **xi**

DAFTAR TABEL **xi**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 4

1.4 Manfaat Penelitian 4

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**

2.1 Penelitian Terdahulu 6

2.2 Aluminium 9

2.3 Solidifikasi 10

2.4 Fraksi Padatan 12

2.5 Konveksi Alami 13

2.6 Metode Numerik Entalpi-porositas 14

BAB III METODOLOGI **18**

3.1 Diagram Alir 18

3.2 Alat dan Bahan 30

BAB IV PEMBAHASAN **31**

4.1 Distribusi dan Laju Penurunan Temperatur 31

lib.mercubuana.ac.id

4.2 Evolusi Fraksi Padatan Selama Proses Solidifikasi 33
4.3 Hubungan Temperatur dengan Fraksi Padatan 37
4.4 Signifikansi Konveksi Alami dalam Pemodelan Solidifikasi 38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN **40**
5.1 Kesimpulan 40
5.2 Saran 41
DAFTAR PUSTAKA **42**
LAMPIRAN **44**

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Solidifikasi Aliminium 10
Gambar 2. 2 Solidifikasi Logam 11
Gambar 2. 3 Solidifikasi Paduan Logam 11
Gambar 2. 4 Tahapan Simulasi Numerik 15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 18
Gambar 3. 2 Diagram Alir Simulasi 20
Gambar 3. 3 Domain Komputasi dan Kondisi Batasnya 21
Gambar 3. 4 Hasil Mesh yang Terbentuk 22
Gambar 3. 5 Pengaturan General 23
Gambar 3.6 Pengaturan Models 24
Gambar 3.7 Pengaturan Materials 24
Gambar 3.8 Pengaturan Cell Zone Condition 26
Gambar 3.9 Pengaturan Boundary Conditions 27
Gambar 3.10 Pengaturan Methods 27
Gambar 3.11 Pengaturan Controls 28
Gambar 3.12 Pengaturan Run Calculation 29
Gambar 4. 1 Grafik Temperatur 32
Gambar 4. 2 Grafik Evolusi Fraksi Padatan 35

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 6

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesh 21

Tabel 3. 2 Properti Material Aluminium 25

Tabel 4.1. Kontur Temperature 31

Tabel 4.2. Kontur Evolusi Fraksi Padatan 32

Tabel 4.3. Perbandingan Fraksi Padatan 36

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id