

**PEMODELAN NUMERIK PERPINDAHAN PANAS  
KONDUKSI DENGAN METODE *ARTIFICIAL  
NEURAL NETWORK***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Mencapai Derajat  
Sarjana Komputer**



Dibuat Oleh:

**Theodoret Putra Agatho**

**190710233**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2023**

# LEMBAR PENGESAHAN

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

PEMODELAN NUMERIK PERPINDAHAN PANAS KONDUKSI DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

yang disusun oleh

Theodoret Putra Agatho

190710233

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 21 Juli 2023

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Dr. Pranowo, S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: Dr. Andi Wahyu Rahardjo Emanuel, BSEE., MSSE	Telah Menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Dr. Pranowo, S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Penguji 2	: Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T.	Telah Menyetujui
Penguji 3	: Aloysius Gonzaga Pradnya Sidhawara, S.T., M.Eng.	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 21 Juli 2023

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

Dokumen ini merupakan dokumen resmi UAJY yang tidak memerlukan tanda tangan karena dihasilkan secara elektronik oleh Sistem Bimbingan UAJY. UAJY bertanggung jawab penuh atas informasi yang tertera di dalam dokumen ini

## PERNYATAAN ORISINALITAS & PUBLIKASI ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Theodore Putra Agatho  
NPM : 190710233  
Program Studi : Informatika  
Fakultas : Teknologi Industri  
Judul Penelitian : Pemodelan Numerik Perpindahan Panas Konduksi dengan  
Metode *Artificial Neural Network*

Menyatakan dengan ini:

1. Tugas Akhir ini adalah benar tidak merupakan salinan sebagian atau keseluruhan dari karya penelitian lain.
2. Memberikan kepada Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas penelitian ini, berupa Hak untuk menyimpan, mengelola, mendistribusikan, dan menampilkan hasil penelitian selama tetap mencantumkan nama penulis.
3. Bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum atas pelanggaran Hak Cipta dalam pembuatan Tugas Akhir ini,

Demikian pernyataan ini dibuat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 11 Juli 2023  
yang menyatakan,

Theodore Putra Agatho  
190710233

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas ini saya persembahkan  
kepada keluarga saya  
dan kepada seluruh pihak  
yang telah mendukung secara langsung maupun tidak langsung

“I’m not ready but I keep trying  
not strong enough, but I kept going  
through the hardship, I went knowing  
that if I don’t fight, our fall would be more of a pain  
if I give up, that’s an automatic loss for me  
...”

The Meaning of the Armbands

## KATA PENGANTAR

Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya penulisan tugas akhir yang berjudul, “Pemodelan Numerik Perpindahan Panas Konduksi dengan Metode *Artificial Neural Network*”.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai derajat sarjana komputer dari Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah mengizinkan penulisan tugas akhir ini hingga selesai.
2. Keluarga penulis, yang telah mendukung dan mendorong penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Prof. Djoko Budiyo, M. Eng., Ph.D., selaku Kepala Departemen Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Bapak Thomas Adi Purnomo Sidhi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, yang telah membantu mendapatkan informasi terkait, secara tidak langsung, dengan penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Pranowo, S.T., M.T., yang telah membimbing dan mengawasi secara langsung sehari-hari dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Andi Wahyu Rahardjo Emanuel, BSSE., MSSE., yang telah ikut membimbing dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Seluruh sumber referensi yang telah membagikan hasil usaha pemikirannya sehingga tugas akhir ini dapat disusun.

9. Dan kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan karena keterbatasan penulis sebagai manusia, atas segala bantuannya yang membawa tugas akhir ini pada titik ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Demikian perihal yang ingin disampaikan, semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 11 Juli 2023

Theodoret Putra Agatho  
190710233



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS & PUBLIKASI ILMIAH .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
INTISARI .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	2
D. Tujuan Penelitian .....	3
E. Metode Penelitian .....	3
F. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
BAB III LANDASAN TEORI .....	8
A. <i>Artificial Neural Network</i> .....	8
B. Perpindahan Panas .....	9
C. Persamaan Laplace .....	9
D. Metode Implisit Euler .....	10
E. <i>Finite Difference Method</i> .....	10
F. <i>Physic-Informed Neural Network</i> .....	14
BAB IV PENGEMBANGAN MODEL .....	17
A. Deskripsi Masalah .....	17
B. Pengembangan Model .....	19
BAB V PENGUJIAN MODEL .....	29
A. Hasil Pengujian .....	29
B. Diskusi .....	32
BAB VI PENUTUP .....	35

A. Kesimpulan .....	35
B. Saran .....	35
DAFTAR PUSTAKA .....	36
LAMPIRAN.....	41





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perbandingan neuron.....	8
Gambar 2. Ilustrasi hubungan antara nilai yang diketahui dan tidak.....	12
Gambar 3. Ilustrasi arsitektur ANN untuk kasus satu dimensi.....	15
Gambar 4. Ilustrasi arsitektur ANN untuk kasus dua dimensi.....	15
Gambar 5. Ilustrasi titik pada batang logam.....	17
Gambar 6. Ilustrasi suhu pada tiap titik pada batang logam.....	17
Gambar 7. Ilustrasi titik pada lempeng logam.....	18
Gambar 8. Ilustrasi panas pada awal dan tepi lempengan logam.....	19
Gambar 9. Ilustrasi flowchart program ANN.....	20
Gambar 10. Potongan program untuk memanggil dan memulai training ANN pada tiap perubahan waktu.....	21
Gambar 11. Potongan program ANN untuk menghitung nilai $u$ pada kasus satu dimensi.....	22
Gambar 12. Potongan program untuk memperbaharui parameter ANN pada kasus satu dimensi.....	23
Gambar 13. Potongan program ANN untuk menghitung nilai $u$ pada kasus dua dimensi.....	24
Gambar 14. Potongan program untuk memperbaharui parameter ANN pada kasus dua dimensi.....	27
Gambar 15. Grafik MSE terhadap peningkatan error secara linear.....	28
Gambar 16. Salah satu hasil akhir ANN dan FD dengan parameter tabel (5.2) ...	30
Gambar 17. Salah satu hasil akhir ANN dan FD dengan parameter tabel (5.4) ...	32
Gambar 18. Grafik perbandingan MSE pada kasus satu dimensi.....	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Hasil rata-rata MSE dan runtime oleh tiap metode untuk kasus satu dimensi. ....	29
Tabel 5.2. Parameter ANN pembandingan untuk kasus satu dimensi. ....	29
Tabel 5.3. Hasil rata-rata MSE dan runtime oleh tiap metode untuk kasus dua dimensi. ....	30
Tabel 5.4. Parameter ANN pembandingan untuk kasus dua dimensi. ....	31



## INTISARI

Pada akhir dasawarsa ini, *Artificial Neural Networks* (ANNs) mengalami perkembangan jauh dan mulai memasuki berbagai macam bidang pengetahuan. Pemodelan dan simulasi tidak terlepas dari kenyataan ini dengan kemunculan *Physics-Informed Neural Networks* (PINNs) sebagai turunan dari ANNs pada bidang ini. Saat ini, eksplorasi PINNs masih terus berlanjut dan belum menemukan batas yang dapat menghentikan penyelusurannya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menunjukkan salah satu potensi dasar yang dimiliki PINNs.

Penelitian dilakukan dengan membandingkan tingkat akurasi dan waktu yang diperlukan untuk menghitung persamaan penurunan sebagian ANNs dan FD pada kasus perpindahan panas satu dan dua dimensi. Metode implisit Euler digunakan untuk pengintegrasian waktu pada persamaan perpindahan panas. Selama tahap pengujian, dilakukan beberapa penyesuaian (*tuning*) terhadap ANNs untuk mendapatkan potensi terbaik. Hasil akhir ANNs dan FD akan dibandingkan dengan solusi jawaban pasti nantinya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ANNs mampu menghasilkan hasil lebih akurat daripada FD dalam beberapa kasus. Namun, ANNs memerlukan waktu untuk menyelesaikan perhitungan jauh lebih lama daripada FD. Meski demikian, ANNs menawarkan kelebihan lain sehingga ANNs merupakan pilihan yang bersaing dengan FD.

Kata kunci: perpindahan panas, *artificial neural network*, *partial differential equations*, *finite difference method*, dan *Euler's implicit method*.

Dosen Pembimbing I : Dr. Pranowo, S.T., M.T.  
Dosen Pembimbing II : Dr. Andi Wahyu Rahardjo Emanuel, BSEE., MSSE.  
Jadwal Sidang Tugas Akhir : Selasa, 18 Juli 2023