

**PENGEMBANGAN ALGORITMA *DISTRIBUTED GRADIENT*
BOOSTING FOREST DENGAN KONEKSI *RESIDUAL***



TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh :
RAYHAN DHAFIR RESPATI
062140352383**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2025**

TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN ALGORITMA *DISTRIBUTED GRADIENT* *BOOSTING FOREST* DENGAN KONEKSI *RESIDUAL*



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Proposal Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Pada Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Telekomunikasi**

Oleh :

**Nama : Rayhan Dhafir Respati
(062140352383)**
Dosen Pembimbing I : Sopian Soim, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II : Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T.

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2025**

**PENGEMBANGAN ALGORITMA DISTRIBUTED GRADIENT BOOSTING
FOREST DENGAN KONEKSI RESIDUAL**



TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Politeknik Negeri Sriwijaya**

Oleh :

RAYHAN DHAFIR RESPATI

062144352383

Menyetujui,

Palembang,

2025

Dosen Pembimbing I

Sopian Soim, S.T., M.T.

NIP 197103142001121001

Dosen Pembimbing II

Mohammad Fadhli, S. Pd., M.T.

NIP 199004032018031001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M. Kom. IPM.

NIP 197907222008011007

**Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan
Teknik Telekomunikasi**

Mohammad Fadhli, S. Pd., M.T.

NIP 199004032018031001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan :

Nama : Rayhan Dhafir Respati
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Jayapura, 13 September 2003
Alamat : Griya Palem Kencana No.110
NIM : 062140352383
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Skripsi/Laporan Akhir : Pengembangan Algoritma *Distributed Gradient Boosting Forest* Dengan Koneksi *Residual*

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri serta bebas dari tindakan plagiasi dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.
2. Dapat menyelesaikan segala urusan terkait pengumpulan revisi Tugas Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.

Apabila dikemudian hari diketahui ada pernyataan yang terbukti tidak benar dan tidak dapat dipenuhi, maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip (ASLI & COPY). Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan.

Palembang, Agustus 2025

Yang Menyatakan,



(Rayhan Dhafir Respati)

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan." -QS. Al-Insyirah: 6

"Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga." -HR. Muslim, No. 2699

***"If you don't take risks, you can't create a future."* -Monkey D. Luffy**

***"When do you think people die? When they are shot with a bullet? No! When they eat a soup made from a poisonous mushroom? No! People die... when they are forgotten."* - dr. Hiluluk**

Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada:

- 1. Ayah dan Ibu, terima kasih kepada kedua orang tua yang telah berjasa dalam mendukung, memberikan do'a, cinta, dan semangat yang tidak dapat dihitungkan.**
- 2. Saudari-saudari saya tersayang, yang tak henti-hentinya memberikan saya dukungan.**
- 3. Bapak Sopian Soim, S.T., M.T. dan Bapak Mohammad Fadhli, S. Pd., M.T. selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II, terima kasih atas bimbingan, arahan, dan dukungannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.**
- 4. Seluruh teman-teman Kebel yang telah berjuang dari awal semester 1 hingga saat ini selesai menyelesaikan tugas akhir, semoga kedepannya diberikan rezeki dan kelancaran dalam menjalani kehidupan.**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN ALGORITMA DISTRIBUTED GRADIENT BOOSTING FOREST DENGAN KONEKSI RESIDUAL

(2025: xv + 94 halaman + 57 gambar + 5 tabel)

RAYHAN DHAFIR RESPATI 062140352383

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

Pertumbuhan kompleksitas dan volume data menuntut model pembelajaran mesin yang tangguh dan skalabel untuk klasifikasi skala besar. *Gradient Boosting Decision Trees* (GBDT) telah terbukti efektif, namun menghadapi kendala stabilitas pelatihan pada arsitektur yang sangat dalam. Penelitian ini mengusulkan pengembangan *Distributed Gradient Boosting Forest* (DGBF) dengan penambahan *residual connection*, untuk memperbaiki aliran gradien dan mengatasi masalah *vanishing gradient*. Model *Residual DGBF* dievaluasi menggunakan tujuh *dataset* dari domain keamanan siber, penipuan finansial, *phishing*, dan *malware*. Hasil menunjukkan bahwa model ini mengalami peningkatan akurasi rata-rata sebesar 0,17% dan peningkatan ROC-AUC rata-rata sebesar 0,09 dibandingkan model DGBF standar. Peningkatan ini konsisten bahkan pada dataset dengan kelas tidak seimbang dan fitur yang kompleks. Analisis *gradient magnitude* per lapisan mengungkap bahwa *residual connection* membantu menjaga kekuatan sinyal gradien yang lebih stabil, mendukung optimisasi yang lebih efektif. Dengan demikian, model *Residual DGBF* menawarkan pendekatan yang lebih kuat dan efisien dalam pembelajaran *ensemble*, sekaligus membuka peluang pengembangan lebih lanjut pada model *boosting* yang dalam dan skalabel untuk tugas klasifikasi dunia nyata.

Kata Kunci: *Distributed Gradient Boosting Forest, Ensemble Learning, Residual Connections, Vanishing Gradient*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A DISTRIBUTED GRADIENT BOOSTING FOREST ALGORITHM WITH RESIDUAL CONNECTIONS

(2025: xv + 94 pages + 57 pictures + 5 tables)

RAYHAN DHAFIR RESPATI 062140352383

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT

BACHELOR IN APPLIED TELECOMMUNICATION ENGINEERING PROGRAM

STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA

The increasing complexity and volume of data demand robust and scalable machine learning models for large-scale classification tasks. While Gradient Boosting Decision Trees (GBDT) have shown strong performance, they often suffer from training instability when scaled to deeper architectures. This study introduces an enhanced version of the Distributed Gradient Boosting Forest (DGBF) by integrating residual connections to improve gradient flow and mitigate the vanishing gradient problem. The Residual DGBF model was evaluated on seven datasets spanning cybersecurity, financial fraud, phishing, and malware detection. Experimental results indicate an average accuracy improvement of 0.17% and an average ROC-AUC increase of 0.09 compared to the baseline DGBF model. These gains were consistent, even on datasets with imbalanced classes and complex feature structures. Layer-wise gradient magnitude analysis further confirms that residual connections help maintain stronger and more stable gradient signals, contributing to more effective optimization. As a result, the Residual DGBF model demonstrates a more reliable and efficient approach to ensemble learning. This work paves the way for future research in deep boosting frameworks by combining the scalability and interpretability of decision tree ensembles with the optimization advantages of residual architectures.

Keywords: *Distributed Gradient Boosting Forest, Ensemble Learning, Residual Connections, Vanishing Gradient.*

KATA PENGANTAR

Dengan Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGEMBANGAN ALGORITMA *DISTRIBUTED GRADIENT BOOSTING FOREST* DENGAN KONEKSI *RESIDUAL* ”** dengan tepat waktu. Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu kurikulum di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu mata kuliah pada Pendidikan Sarjana Terapan Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak memperoleh bantuan, bimbingan, dan saran moril maupun materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Orang tua, saudara kandung, serta anggota keluarga lain yang telah memberikan dorongan moral maupun material selama menempuh pembuatan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T. selaku Direktur politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Lindawati, S.T., M.T.I. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Bapak Mohammad Fadhli, S. Pd., M.T. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya dan juga selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penyusunan dan pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Sopian Soim, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Segenap dosen dan seluruh staf karyawan Politeknik Negeri Sriwijaya.

8. Teman-teman Kebel yaitu Khairunnisa`, Ahmad Satrio Perdana, Aqilla Khairunnisya, Bambang Pratama, Clara Silvia Rotua Aritonang, dan Fakhri Al Faris.
9. Teman-teman seperjuangan TEB Angkatan 2021.
10. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyajian tulisan, untuk itu saran dan kritik pembaca yang bersifat membangun dan membantu menyempurnakan sangat diharapkan.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat, menambah wawasan bagi para pembaca, serta menjadi sebuah referensi bagi penelitian selanjutnya.

Palembang, Agustus 2025

Rayhan Dhafir Respati

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penulisan	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Machine Learning</i>	6
2.2 <i>Algoritma Ensemble</i>	7
2.2.1 <i>Bagging</i>	7
2.2.2 <i>Boosting</i>	8
2.3 <i>Vanishing Gradient Problem</i>	8
2.4 <i>Neural Network</i>	10
2.5 <i>Random Forest</i>	11
2.6 <i>Gradient Boosting</i>	12
2.7 <i>Distributed Gradient Boosting Forest (DGBF)</i>	13
2.8 <i>Residual Connection</i>	14
2.9 <i>Model Distributed Gradient Boosting Forest + Residual Connection</i>	16
2.10 <i>Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score</i>	17
2.11 <i>Area Under Curve (AUC) Metric</i>	18
2.12 <i>Gradient Magnitude</i>	19
2.13 <i>Python</i>	20
2.13.1 <i>Numpy</i>	20
2.13.2 <i>Pandas</i>	21

2.13.3 Skit-learn.....	21
2.13.4 Seaborn.....	21
2.13.5 Matplotlib	22
2.14 Perbandingan Penelitian	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Kerangka Penelitian.....	26
3.2 Data Collection	28
3.2.1 Android <i>Malware</i> Benign.....	29
3.2.2 <i>Creditcard</i>	30
3.2.3 <i>Dataset Phishing</i>	31
3.2.4 <i>Dynamic API Call Sequence Per Malware 100_0_306</i>	32
3.2.5 <i>Phishing Email</i>	33
3.2.6 <i>Transaction Fraud Detection 2023</i>	34
3.2.7 TUANDROMD	35
3.3 <i>Pre-Processing Data</i>	35
3.3.1 <i>Remove Missing Values</i>	36
3.3.2 <i>Encoding Data</i>	37
3.3.3 Pembagian Data.....	37
3.3.4 <i>Select Feature</i>	38
3.4 <i>Model Development</i>	38
3.4.1 <i>Distributed Gradient Boosting Forest</i>	38
3.4.2 <i>Residual Connection</i>	39
3.4.3 <i>Model Distributed Gradient Boosting Forest + Residual Connection</i>	39
3.5 Perbandingan Kinerja	39
3.6 Evaluasi Model.....	40
3.7 Experimental Setup	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 <i>Data Collection</i>	43
4.2 <i>Pre-Processing Data</i>	43
4.2.1 <i>Remove Missing Values</i>	43
4.2.2 <i>Encoding Data</i>	48
4.2.3 Pembagian Data.....	52
4.2.4 <i>Select Feature</i>	53
4.3 Evaluasi Performa Model.....	63

4.4 Hasil <i>Layer-wise Gradient Magnitude</i>	71
4.4.1 Hasil <i>Layer-wise Gradient Magnitude</i> pada <i>Dataset Android Malware Benign</i>	72
4.4.2 Hasil <i>Layer-wise Gradient Magnitude</i> pada <i>Dataset creditcard</i>	74
4.4.3 Hasil <i>Layer-wise Gradient Magnitude</i> pada <i>Dataset dataset_phishing</i>	76
4.4.4 Hasil <i>Layer-wise Gradient Magnitude</i> pada <i>Dataset dynamic_api_call_sequence_per_malware_100_0_306</i>	77
4.4.5 Hasil <i>Layer-wise Gradient Magnitude</i> pada <i>Dataset Phishing_Email</i>	79
4.4.6 Hasil <i>Layer-wise Gradient Magnitude</i> pada <i>Dataset Transaction_Fraud_Detection_2023</i>	80
4.4.7 Hasil <i>Layer-wise Gradient Magnitude</i> pada <i>Dataset TUANDROMD</i>	82
4.5 Analisa Hasil	84
BAB V PENUTUP	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 <i>Dataset Android Malware Benign</i>	29
Gambar 3. 3 <i>Dataset Creditcard</i>	30
Gambar 3. 4 <i>Dataset Phishing</i>	31
Gambar 3. 5 <i>Dataset Dynamic API Call Sequence Per Malware 100_0_306</i>	32
Gambar 3. 6 <i>Dataset Phishing Email</i>	33
Gambar 3. 7 <i>Dataset Transaction Fraud Detection 2023</i>	34
Gambar 3. 8 <i>Dataset TUANDROMD</i>	35
Gambar 3.9 Diagram alir Pre-Processing Data	36
Gambar 4. 1 Hasil pemeriksaan pada <i>dataset Android_Malware_Benign</i>	44
Gambar 4. 2 Hasil penghapusan <i>missing values</i> dan duplikat pada <i>dataset Android_Malware_Benign</i>	44
Gambar 4. 3 Hasil pemeriksaan pada <i>dataset creditcard</i>	44
Gambar 4. 4 Hasil penghapusan <i>missing values</i> dan duplikat pada <i>dataset creditcard</i>	45
Gambar 4. 5 Hasil pemeriksaan pada <i>dataset phishing</i>	45
Gambar 4. 6 Hasil penghapusan <i>missing values</i> dan duplikat pada <i>dataset dataset phishing</i>	46
Gambar 4. 7 Hasil pemeriksaan pada <i>dataset dynamic_api_call_sequence_per_malware_100_0_306</i>	46
Gambar 4. 8 Hasil penghapusan <i>missing values</i> dan duplikat pada <i>dataset dynamic_api_call_sequence_per_malware_100_0_306</i>	46
Gambar 4. 9 Hasil pemeriksaan pada <i>dataset Phishing_Email</i>	47
Gambar 4. 10 Hasil penghapusan <i>missing values</i> dan duplikat pada <i>dataset Phishing_Email</i>	47
Gambar 4. 11 Hasil pemeriksaan pada <i>dataset Transaction_Fraud_Detection_2023</i>	47
Gambar 4. 12 Hasil penghapusan <i>missing values</i> dan duplikat pada <i>dataset Transaction_Fraud_Detection_2023</i>	47
Gambar 4. 13 Hasil pemeriksaan pada <i>dataset TUANDROMD</i>	47
Gambar 4. 14 Hasil penghapusan <i>missing values</i> dan duplikat pada <i>dataset TUANDROMD</i>	48
Gambar 4. 15 Hasil sebelum <i>encoding</i> pada <i>dataset Android Malware Benign</i> ...	48
Gambar 4. 16 Hasil setelah <i>encoding</i> pada <i>dataset Android Malware Benign</i>	48
Gambar 4. 17 Hasil sebelum <i>encoding</i> pada <i>dataset Phishing_Email</i>	49
Gambar 4. 18 Hasil setelah <i>encoding</i> pada <i>dataset Phishing_Email</i>	49
Gambar 4. 19 Hasil sebelum <i>encoding</i> pada <i>dataset TUANDROMD</i>	50
Gambar 4. 20 Hasil setelah <i>encoding</i> pada <i>dataset TUANDROMD</i>	50
Gambar 4. 21 Hasil sebelum <i>encoding</i> pada <i>dataset dynamic_api_call_sequence_per_malware_100_0_306</i>	51
Gambar 4. 22 Hasil setelah <i>encoding</i> pada <i>dataset dynamic_api_call_sequence_per_malware_100_0_306</i>	51
Gambar 4. 23 Hasil sebelum <i>encoding</i> pada <i>dataset dataset phishing</i>	51
Gambar 4. 24 Hasil setelah <i>encoding</i> pada <i>dataset dataset phishing</i>	52

Gambar 4. 25 <i>Train dan Test Split</i>	52
Gambar 4. 26 <i>F-Score Feature</i>	54
Gambar 4. 27 <i>SelectKBest</i>	54
Gambar 4. 28 <i>Select fitur dataset Android_Malware_Benign</i>	55
Gambar 4. 29 <i>Hasil SelectKBest dataset Android_Malware_Benign</i>	56
Gambar 4. 30 <i>Select fitur dataset creditcard</i>	57
Gambar 4. 31 <i>Hasil SelectKBest dataset creditcard</i>	57
Gambar 4. 32 <i>Select fitur dataset phishing</i>	58
Gambar 4. 33 <i>Hasil SelectKBest dataset phishing</i>	58
Gambar 4. 34 <i>Select fitur dataset dynamic_api_call_sequence_per_malware_100_0_306</i>	59
Gambar 4. 35 <i>Hasil SelectKBest dataset dynamic_api_call_sequence_per_malware_100_0_306</i>	60
Gambar 4. 36 <i>Select fitur dataset Phishing_Email</i>	61
Gambar 4. 37 <i>Select fitur dataset Transaction_Fraud_Detection_2023</i>	62
Gambar 4. 38 <i>Hasil SelectKBest dataset Transaction_Fraud_Detection_2023</i>	62
Gambar 4. 39 <i>Select fitur dataset TUANDROMD</i>	63
Gambar 4. 40 <i>Hasil SelectKBest dataset TUANDROMD</i>	63
Gambar 4. 41 <i>Hasil AUC</i>	69
Gambar 4. 42 <i>Hasil Layer-wise Gradient Magnitude pada Dataset Android Malware Benign</i>	73
Gambar 4. 43 <i>Hasil Layer-wise Gradient Magnitude pada Dataset creditcard</i>	75
Gambar 4. 44 <i>Hasil Layer-wise Gradient Magnitude pada Dataset dataset_phishing</i>	77
Gambar 4. 45 <i>Hasil Layer-wise Gradient Magnitude pada Dataset dynamic_api_call_sequence_per_malware_100_0_306</i>	78
Gambar 4. 46 <i>Hasil Layer-wise Gradient Magnitude pada Dataset Phishing_Email</i>	79
Gambar 4. 47 <i>Hasil Layer-wise Gradient Magnitude pada Dataset Transaction_Fraud_Detection_2023</i>	81
Gambar 4. 48 <i>Hasil Layer-wise Gradient Magnitude pada Dataset TUANDROMD</i>	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian	22
Tabel 3.1 <i>Dataset</i> Eksperimen	28
Tabel 3.2 Konfigurasi Hiperparameter Model	42
Tabel 4.1 Hasil Evaluasi.....	64
Tabel 4.2 Hasil AUC	67

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Lembar Kesepakatan Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing I
- Lampiran 2** Lembar Kesepakatan Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing II
- Lampiran 3** Lembar Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing I
- Lampiran 4** Lembar Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing II
- Lampiran 5** Lembar Rekomendasi Ujian Tugas Akhir
- Lampiran 6** Lembar Revisi Tugas Akhir
- Lampiran 7** Lembar Pelaksanaan Revisi Tugas Akhir
- Lampiran 8** Lembar *Letter of Acceptance* (LoA) Artikel
- Lampiran 9** Artikel Ilmiah
- Lampiran 10** *Source Code*