

STUDI KOMPARATIF KINERJA DETEKSI DEEPFAKE BERBASIS ARSITEKTUR HYBRID XCEPTIONNET-FFT TERHADAP MODEL DOMAIN TUNGGAL

SKRIPSI

Oleh:

**NAOMI PRISELLA
NIM. 221111798
GIOVANNY HALIMKO
NIM. 221110058
SAMUEL ONASIS
NIM. 221110680**



**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

**COMPARATIVE STUDY OF DEEPPFAKE DETECTION
PERFORMANCE BASED ON A HYBRID XCEPTIONNET-FFT
AGAINST SINGLE-DOMAIN MODELS**

UNDERGRADUATE THESIS

By:

**NAOMI PRISELLA
ID NUMBER. 221111798
GIOVANNY HALIMKO
ID NUMBER. 221110058
SAMUEL ONASIS
ID NUMBER. 221110680**



**UNDERGRADUATE PROGRAM OF COMPUTER SCIENCE
FACULTY OF INFORMATICS
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

LEMBARAN PENGESAHAN

**STUDI KOMPARATIF KINERJA DETEKSI DEEFAKE BERBASIS
ARSITEKTUR HYBRID XCEPTIONNET-FFT TERHADAP MODEL
DOMAIN TUNGGAL**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna
Mendapatkan Gelar Sarjana
Program Studi S-1 Teknik Informatika

Oleh:

NAOMI PRISELLA
NIM. 221111798
GIOVANNY HALIMKO
NIM. 221110058
SAMUEL ONASIS
NIM. 221110680

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,

Gunawan, S. Kom., M.T.I

Dosen Pembimbing II,

Heru Kurniawan, S. Kom., M. Kom.

Medan, 27 Juli 2026

Diketahui dan Disahkan Oleh:



Ketua Program Studi
S-1 Teknik Informatika,

Carles Juliandy, S. Kom., M. Kom.

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Naomi Prisella

NIM : 221111798

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Studi Komparatif Kinerja Deteksi Deepfake Berbasis
Arsitektur Hybrid XceptionNet-FFT terhadap Model
Domain Tunggal

Tempat Penelitian : -

Alamat Tempat Penelitian : -

No. Telp Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 23 Juni 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Naomi Prisella

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Giovanny Halimko

NIM : 221110058

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Studi Komparatif Kinerja Deteksi Deepfake Berbasis
Arsitektur Hybrid XceptionNet-FFT terhadap Model
Domain Tunggal

Tempat Penelitian : -

Alamat Tempat Penelitian : -

No. Telp Tempat Penelitian : -

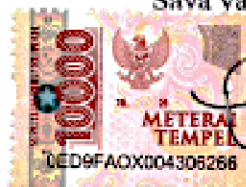
Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 23 Juni 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Giovanny Halimko

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Samuel Onasis

NIM : 221110680

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Studi Komparatif Kinerja Deteksi Deepfake Berbasis
Arsitektur Hybrid XceptionNet-FFT terhadap Model
Domain Tunggal

Tempat Penelitian : -

Alamat Tempat Penelitian : -

No. Telp Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 23 Juni 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Samuel Onasis

STUDI KOMPARATIF KINERJA DETEKSI DEEPPFAKE BERBASIS ARSITEKTUR HYBRID XCEPTIONNET-FFT TERHADAP MODEL DOMAIN TUNGGAL

Abstrak

Deteksi deepfake yang andal merupakan kebutuhan forensik digital yang mendesak, namun detektor berbasis domain spasial murni umumnya lemah dalam generalisasi lintas dataset, sementara domain frekuensi diklaim mampu menutupi keterbatasan tersebut. Penelitian ini melakukan studi komparatif untuk mengukur kontribusi domain frekuensi melalui arsitektur hybrid XceptionNet-FFT dengan late fusion dan Squeeze-and-Excitation gating, dibandingkan model domain tunggal. Tiga model (spasial, frekuensi, dan hybrid) dievaluasi pada dua dataset benchmark, yaitu FaceForensics++ dan Celeb-DF, dalam skenario in-dataset dan cross-dataset pada beberapa ukuran sampel dengan tiga seed, menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, F1-score, dan AUC pada level frame dengan pembagian per-video. Hasil menunjukkan model spasial konsisten paling unggul (AUC in-dataset hingga 0,97), sedangkan cabang frekuensi berperforma nyaris setara tebakan acak (AUC 0,56–0,61) sehingga model hybrid tidak mengungguli baseline spasial. Pada pengujian cross-dataset, performa seluruh model menurun (AUC sekitar 0,55–0,68) disertai keruntuhan recall, dan penambahan analisis frekuensi hanya menekan penurunan generalisasi secara parsial dan bergantung arah. Penelitian menyimpulkan bahwa kontribusi domain frekuensi terbatas pada konfigurasi ini dan generalisasi lintas dataset tetap menjadi tantangan terbuka.

Kata kunci: deteksi deepfake; XceptionNet; domain frekuensi; arsitektur hybrid; generalisasi lintas dataset

Abstract

Reliable deepfake detection is an urgent digital-forensics need, yet purely spatial-domain detectors generally generalize poorly across datasets, while the frequency domain is claimed to mitigate this limitation. This study conducts a comparative investigation to measure the contribution of the frequency domain through a hybrid XceptionNet-FFT architecture with late fusion and Squeeze-and-Excitation gating, compared against single-domain models. Three models (spatial, frequency, and hybrid) are evaluated on two benchmark datasets, FaceForensics++ and Celeb-DF, under in-dataset and cross-dataset scenarios across several training-set sizes with three seeds, using accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC at the frame level with video-level splits. The results show that the spatial model is consistently the best (in-dataset AUC up to 0.97), whereas the frequency branch performs near chance (AUC 0.56–0.61), so the hybrid model does not outperform the spatial baseline. Under cross-dataset testing, all models degrade (AUC around 0.55–0.68) with a collapse in recall, and adding frequency analysis only partially and directionally reduces the generalization drop. The study concludes that the contribution of the frequency domain is limited in this configuration and that cross-dataset generalization remains an open challenge.

Keywords: deepfake detection; XceptionNet; frequency domain; hybrid architecture; cross-dataset generalization

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Studi Komparatif Kinerja Deteksi *Deepfake* Berbasis Arsitektur *Hybrid XceptionNet-FFT* terhadap Model Domain Tunggal".

Tugas Akhir ini disusun sebagai bagian dari persyaratan kurikulum pada Program Studi S-1 Teknik Informatika, Universitas Mikroskil Medan.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Gunawan, S.Kom., M.T.I., selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Heru Kurniawan, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Hardy, S.Kom., M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Mikroskil Medan.
4. Bapak Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T., selaku Dekan Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
5. Bapak Carles Juliandy, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Informatika Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Mikroskil yang telah memberikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan.
7. Keluarga penulis, khususnya orang tua, yang senantiasa memberikan dukungan moral dan materil sepanjang masa studi hingga Tugas Akhir ini terselesaikan.
8. Rekan-rekan serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang deteksi *deepfake*.

Medan, 23 Juni 2026

Penulis,

Giovanny Halimko

Samuel Onasis

Naomi Prisella

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	7
2.1 <i>Deepfake</i>	7
2.1.1 Ancaman <i>Deepfake</i>	8
2.1.2 Tantangan dalam Deteksi <i>Deepfake</i>	8
2.2 <i>Generative Adversarial Networks</i> (GAN)	9
2.2.1 Peran GAN dalam Pembuatan <i>Deepfake</i>	9
2.2.2 <i>Upsampling</i> dan Interpolasi dalam Proses Generatif <i>Deepfake</i>	10
2.2.3 Artefak yang Dihasilkan Proses Generatif <i>Deepfake</i>	11
2.3 Pendekatan Deteksi <i>Deepfake</i>	12
2.3.1 Deteksi Berbasis Domain Spasial	12
2.3.2 Deteksi Berbasis Domain Frekuensi.....	13
2.3.3 Perbandingan Domain Spasial dengan Domain Frekuensi.....	14
2.3.4 Pendekatan <i>Hybrid</i> Domain Spasial-Frekuensi.....	15
2.4 <i>Frequency Domain Analysis</i> (FDA)	16

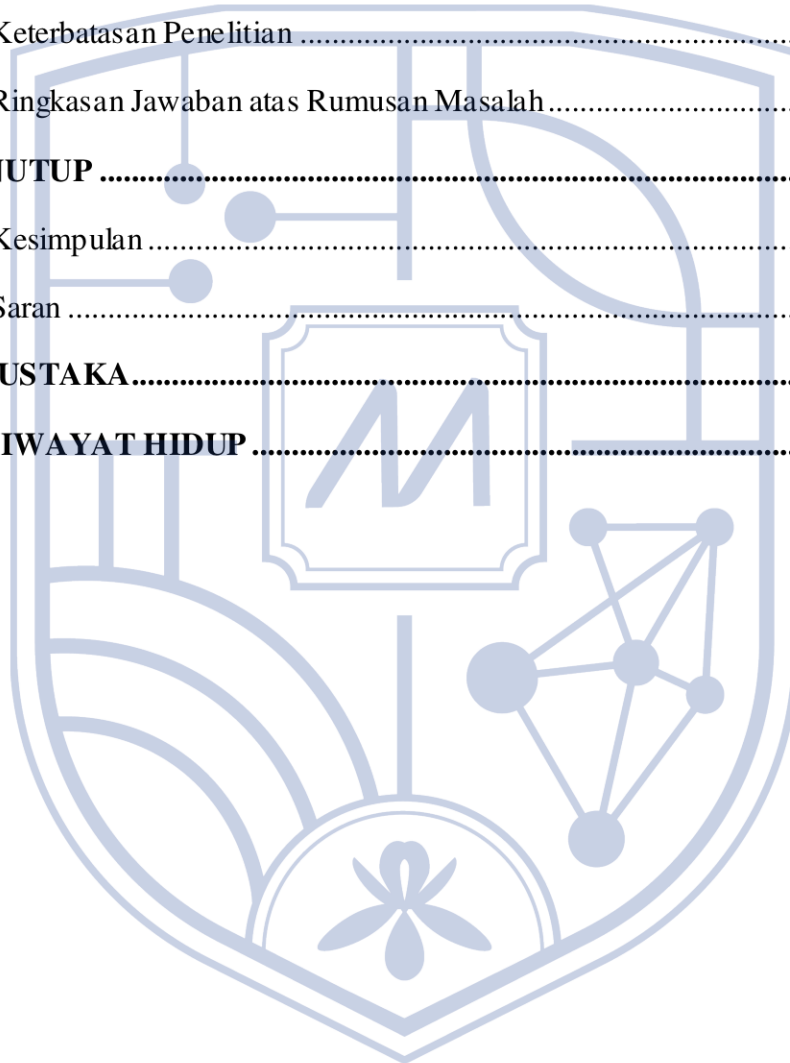
2.4.1 Konsep Domain Frekuensi	16
2.4.2 Transformasi <i>Fourier</i> (FFT)	19
2.4.3 Spektrum Magnitudo dan Fase	20
2.4.4 Artefak Frekuensi pada Citra <i>Deepfake</i>	20
2.4.5 Bias Frekuensi dan Tekstur pada CNN	21
2.4.6 Peran <i>Frequency Domain Analysis</i> dalam Deteksi <i>Deepfake</i>	22
2.5 <i>Spectral Distortions</i> dalam Deteksi <i>Deepfake</i>	22
2.5.1 Akar Kemunculan <i>Spectral Distortions</i> pada Model Generatif	22
2.5.2 Jenis-Jenis <i>Spectral Distortions</i> pada Gambar dan Video <i>Deepfake</i>	23
2.5.3 Relevansi <i>Spectral Distortions</i> untuk Deteksi <i>Deepfake</i>	24
2.5.4 Pendekatan Modern yang Memanfaatkan <i>Spectral Distortions</i>	24
2.5.5 Relevansi <i>Spectral Distortions</i> terhadap Penelitian Ini	25
2.6 <i>Deep Learning</i>	25
2.6.1 Arsitektur Dasar <i>Deep Learning</i>	26
2.6.2 Peran <i>Deep Learning</i> dalam Pembuatan <i>Deepfake</i>	26
2.6.3 Peran <i>Deep Learning</i> dalam Deteksi <i>Deepfake</i>	26
2.6.4 <i>Convolution Neural Network</i> (CNN).....	27
2.7 <i>Extreme Inception Network</i> (XceptionNet)	32
2.7.1 Arsitektur XceptionNet.....	32
2.7.2 Transfer <i>Learning</i> pada XceptionNet	33
2.7.3 Keunggulan XceptionNet dalam Deteksi <i>Deepfake</i>	34
2.8 <i>Squeeze-and-Excitation Networks</i>	35
2.8.1 Konsep <i>Channel Attention</i>	35
2.8.2 Arsitektur <i>SE Block</i>	35
2.8.3 Relevansi <i>SE Block</i> untuk Fusi Multi-Domain.....	36
2.9 FaceForensics++ (FFPP)	37
2.9.1 Struktur dan Komposisi <i>Dataset</i>	37

2.9.2 Karakteristik Artefak pada FFPP	38
2.9.3 Alasan Pemilihan FFPP untuk Penelitian Ini.....	39
2.9.4 Peran FFPP dalam Sistem <i>Hybrid XceptionNet-FFT</i>	40
2.10 <i>Celebrity DeepFake</i> (Celeb-DF).....	40
2.10.1 Komposisi dan Karakteristik <i>Dataset</i>	41
2.10.2 Peran Celeb-DF dalam Evaluasi <i>Cross-Dataset</i>	41
2.11 Analisis Citra	42
2.12 Analisis Video	43
2.13 <i>Preprocessing</i>	43
2.13.1 Tahapan dan Alur <i>Preprocessing</i>	44
2.13.2 Fast Fourier Transform (FFT)	46
2.14 Augmentasi Data	49
2.15 Optimasi Model	50
2.15.1 <i>Stochastic Gradient Descent</i> (SGD) dan Perkembangannya.....	50
2.15.2 AdamW (<i>Decoupled Weight Decay Regularization</i>)	51
2.15.3 Keunggulan AdamW untuk Deteksi <i>Deepfake</i>	52
2.15.4 <i>Gradient Clipping</i>	52
2.15.5 <i>Binary Cross-Entropy</i> sebagai Fungsi <i>Loss</i>	52
2.16 Metrik Evaluasi Model	53
2.16.1 <i>Confusion Matrix</i>	54
2.16.2 <i>Accuracy</i>	54
2.16.3 <i>Precision</i>	54
2.16.4 <i>Recall</i>	55
2.16.5 <i>F1-Score</i>	55
2.16.6 Area Under the ROC Curve.....	55
2.16.7 Perhitungan Metrik Evaluasi	56
2.16.8 Relevansi Metrik Evaluasi terhadap Penelitian <i>Deepfake</i>	59

2.17	<i>Cross-dataset Generalization</i>	60
2.18	Dasar Pemilihan Metode	62
2.18.1	Pemilihan Transformasi FFT dalam Deteksi <i>Deepfake</i>	63
2.18.2	Pemilihan Arsitektur XceptionNet dalam Domain Spasial	64
2.18.3	Perbandingan Akurasi dan Ketahanan Metode FFT dan XceptionNet	65
BAB III TAHAPAN PELAKSANAAN		67
3.1	Kerangka Umum Penelitian	67
3.1.1	Jenis dan Pendekatan Penelitian	67
3.1.2	Tahapan Pelaksanaan Penelitian	68
3.2	<i>Dataset</i> dan Sumber Data	69
3.2.1	FaceForensics++ (FFPP)	69
3.2.2	<i>Celebrity DeepFakes</i> (Celeb-DF atau CDF)	70
3.2.3	Pembagian <i>Dataset</i>	70
3.2.4	Variasi Ukuran Sampel	71
3.3	Tahapan Preprocessing Data	73
3.3.1	Ekstraksi Frame dari Video	73
3.3.2	Deteksi Wajah dan <i>Cropping</i>	74
3.3.3	Konversi Domain Frekuensi (FFT)	75
3.3.4	Augmentasi Data	79
3.4	Arsitektur Model yang Diusulkan	82
3.4.1	Model Spasial XceptionNet	83
3.4.2	Model Frekuensi FreqCNN	85
3.4.3	Model <i>Hybrid</i> HybridTwoBranch (<i>Late Fusion</i>)	88
3.4.4	Perbandingan Arsitektur Model	90
3.5	Strategi Pelatihan Model	92
3.5.1	<i>Transfer Learning</i> dan <i>Backbone Freezing</i>	92
3.5.2	<i>Differential Learning Rate</i>	92

3.5.3	Penjadwalan <i>Learning Rate</i>	93
3.5.4	Fungsi <i>Loss BCEWithLogitsLoss</i> dengan <i>Label Smoothing</i>	94
3.5.5	Optimasi AdamW dengan <i>Gradient Accumulation</i>	95
3.5.6	<i>Gradient Clipping</i>	95
3.5.7	Mixed Precision Training (AMP)	96
3.5.8	<i>Early Stopping</i>	96
3.5.9	Seleksi Model Terbaik	96
3.6	Desain Eksperimen	98
3.6.1	Matriks Eksperimen	99
3.6.2	Evaluasi <i>In-Dataset</i>	99
3.6.3	Evaluasi <i>Cross-Dataset</i>	99
3.6.4	Variabel Penelitian	99
3.7	Metode Evaluasi Model	100
3.8	Analisis Sistem	101
3.8.1	Kebutuhan Perangkat Keras	101
3.8.2	Kebutuhan Perangkat Lunak	102
3.8.3	Skema Inferensi dan Purwarupa Sistem	103
3.8.4	Konfigurasi dan Orkestrasi <i>Pipeline</i>	103
3.8.5	Keluaran Sistem	104
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	105
4.1	Hasil	105
4.1.1	Lingkungan dan Konfigurasi Eksperimen	105
4.1.2	Implementasi dan Purwarupa Sistem	106
4.1.3	Hasil Evaluasi <i>In-Dataset</i>	107
4.1.4	Hasil Evaluasi <i>Cross-Dataset</i>	108
4.1.5	Analisis <i>Generalization Drop</i>	110
4.1.6	Pengaruh Ukuran Sampel terhadap Performa	112

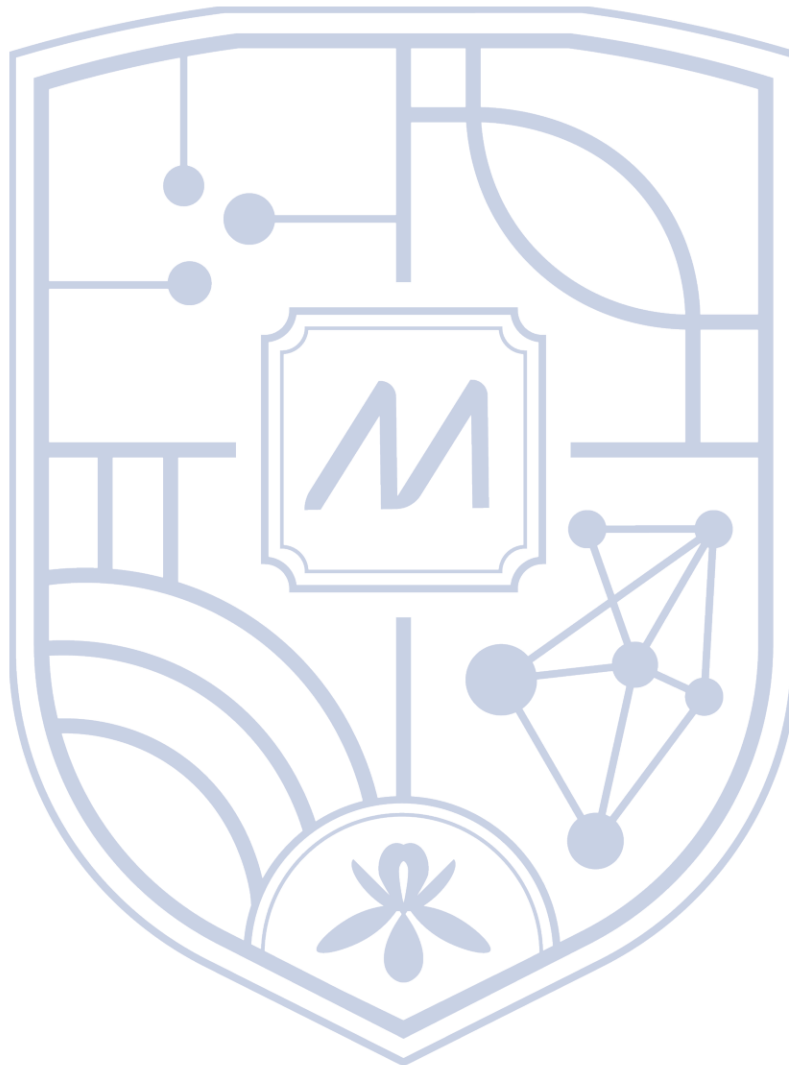
4.1.7 <i>Confusion Matrix</i> dan Dinamika Pelatihan.....	113
4.2 Pembahasan	114
4.2.1 Kontribusi Domain Spasial dan Domain Frekuensi	114
4.2.2 Penurunan Performa Model Spasial pada <i>Cross-Dataset</i>	115
4.2.3 Pengaruh Penambahan FFT terhadap Penurunan Performa	115
4.2.4 Analisis Akar Penyebab Lemahnya Cabang Frekuensi.....	116
4.2.5 Keterbatasan Penelitian	118
4.2.6 Ringkasan Jawaban atas Rumusan Masalah.....	118
BAB V PENUTUP	120
5.1 Kesimpulan.....	120
5.2 Saran	121
DAFTAR PUSTAKA.....	123
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	126



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Distribusi Komponen <i>Low-Frequency</i> dan <i>High-Frequency</i> [24].....	17
Gambar 2.2 Representasi Domain Frekuensi [25].....	18
Gambar 2.3 Arsitektur XceptionNet [6]	32
Gambar 2.4 Contoh Frame Real dan Palsu dari Dataset FaceForensics++	37
Gambar 2.5 Contoh Frame Real dan Palsu dari Dataset Celeb-DF v2.....	41
Gambar 3.1 Flowchart Utama <i>Pipeline</i> Penelitian	68
Gambar 3.2 Contoh <i>Frame Real</i> dan <i>Fake</i> dari <i>Dataset</i> FaceForensics++ dan Celeb-DF .	72
Gambar 3.3 <i>Pseudocode</i> ekstraksi frame dari video	74
Gambar 3.4 Tahapan augmentasi visual pada cabang spasial (RGB)	80
Gambar 3.5 Contoh Penerapan <i>Spectral Band Masking</i> pada Peta <i>Magnitude</i> FFT	81
Gambar 3.6 Perbandingan Peta <i>Magnitude</i> FFT: <i>Frame Real</i> vs <i>Fake</i>	82
Gambar 3.7 Diagram Arsitektur XceptionNet [6]	83
Gambar 3.8 Diagram Arsitektur FreqCNN	85
Gambar 3.9 Arsitektur FreqBlock dengan Koneksi <i>Residual</i>	86
Gambar 3.10 Diagram Arsitektur HybridTwoBranch (<i>Late Fusion</i>)	88
Gambar 3.11 Kurva Penjadwalan <i>Learning Rate</i> (<i>Warmup Cosine Decay</i>)	94
Gambar 4.1 Antarmuka purwarupa perbandingan tiga model pada <i>Hugging Face Spaces</i>	106
Gambar 4.2 Panel " <i>what the models see</i> ": potongan wajah (masukan spasial) dan spektrum FFT (masukan frekuensi).....	106
Gambar 4.3 Perbandingan performa <i>in-dataset</i> ketiga model pada FFPP dan CDF	107
Gambar 4.4 Kurva ROC evaluasi <i>in-dataset</i> ketiga model pada FaceForensics++ dan Celeb-DF (n = 750, <i>seed</i> 0)	108
Gambar 4.5 Perbandingan performa <i>cross-dataset</i> ketiga model pada kedua arah pengujian (n = 750).....	109
Gambar 4.6 Kurva ROC evaluasi <i>cross-dataset</i> ketiga model pada kedua arah pengujian (n = 750, <i>seed</i> 0).....	110
Gambar 4.7 <i>Generalization drop</i> F1-Score per model dan arah pelatihan (n = 750)	111
Gambar 4.8 Perbandingan AUC <i>in-dataset</i> dan <i>cross-dataset</i> ketiga model pada kedua arah pengujian (n = 750).....	111

Gambar 4.9 Tren AUC terhadap ukuran sampel pelatihan (<i>in-dataset</i> dan <i>cross-dataset</i>)	112
Gambar 4.10 <i>Confusion matrix</i> model spasial pada evaluasi <i>in-dataset</i> (CDF) dan <i>cross-dataset</i> (CDF ke FFPP) yang memperlihatkan keruntuhan recall lintas <i>dataset</i>	113
Gambar 4.11 Kurva dinamika pelatihan cabang frekuensi (FreqCNN) dan cabang spasial (XceptionNet) pada FaceForensics++ (n = 750)	114



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Komposisi total <i>dataset</i> yang digunakan.....	6
Tabel 2.1 Perbandingan Pendekatan Domain Spasial dan Domain Frekuensi	14
Tabel 2.2 Komponen dalam Domain Frekuensi [8, 9]	18
Tabel 2.3 Karakteristik Artefak Frekuensi pada <i>Deepfake</i> [8, 9, 11, 16]	21
Tabel 2.4 Tahapan Preprocessing	45
Tabel 2.5 Struktur Confusion Matrix.....	54
Tabel 2.6 Ringkasan Hasil Perhitungan Metrik.....	58
Tabel 2.7 Perbandingan tiga metode transformasi frekuensi [25]	64
Tabel 2.8 Perbandingan performa model CNN [3, 4, 13, 7]	65
Tabel 2.9 Ringkasan Perbandingan FFT vs XceptionNet [3, 8, 9, 13, 16, 7]	65
Tabel 3.1 Karakteristik Dataset FaceForensics++ dan Celeb-DF	70
Tabel 3.2 Pembagian <i>Dataset</i>	71
Tabel 3.3 Variasi Ukuran Sampel per Dataset.....	71
Tabel 3.4 Komposisi total dataset yang digunakan	72
Tabel 3.5 Contoh Matriks <i>Grayscale</i> 4x4.....	76
Tabel 3.6 Hasil Perhitungan $F(1,1)$	78
Tabel 3.7 Contoh Perhitungan <i>Magnitude</i> dan <i>Log Scaling</i>	79
Tabel 3.8 Arsitektur <i>Layer-by-Layer</i> FreqCNN (<i>depth</i> = 5, <i>base_channels</i> = 64)	86
Tabel 3.9 Perbandingan Tiga Arsitektur Model	91
Tabel 3.10 Dimensi Fitur per Komponen Model <i>Hybrid</i>	91
Tabel 3.11 <i>Learning Rate</i> per Kelompok Parameter	92
Tabel 3.12 Ringkasan <i>Hyperparameter</i> Penelitian.....	96
Tabel 3.13 Matriks Eksperimen.....	99
Tabel 3.14 Variabel Penelitian	100
Tabel 3.15 Contoh <i>Confusion Matrix</i>	100
Tabel 3.16 Perhitungan Metrik Evaluasi	100
Tabel 3.17 Kebutuhan Perangkat Keras	101
Tabel 3.18 Kebutuhan Perangkat Lunak	102
Tabel 4.1 Hasil Evaluasi <i>In-Dataset</i>	107
Tabel 4.2 Hasil Evaluasi <i>Cross-Dataset</i>	108
Tabel 4.3 <i>Generalization Drop F1-Score</i> (n = 750)	110

Tabel 4.4 AUC <i>In-Dataset</i> pada Berbagai Ukuran Sampel.....	112
Tabel 4.5 Ringkasan Jawaban atas Rumusan Masalah.....	118

