UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Sentimen Ulasan Game EFootball Menggunakan Metode Local Global Memory - Heterogeneous Graph Neural Network**
Rafian Rizki Ramadhani, Prof. Dr. Abdurakhman, S.Si., M.Si.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL** . . . . . **i**
**HALAMAN PENGESAHAN** . . . . . **ii**
**HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI** . . . . . **iii**
**HALAMAN PERSEMBAHAN** . . . . . **iv**
**HALAMAN MOTTO** . . . . . **v**
**PRAKATA** . . . . . **vi**
**DAFTAR ISI** . . . . . **viii**
**DAFTAR TABEL** . . . . . **xii**
**DAFTAR GAMBAR** . . . . . **xiii**
**INTISARI** . . . . . **xiv**
**ABSTRACT** . . . . . **xv**
**I PENDAHULUAN** . . . . . **1**
1.1. Latar Belakang . . . . . 1
1.2. Rumusan Masalah . . . . . 3
1.3. Pembatasan Masalah . . . . . 4
1.4. Tujuan Penelitian . . . . . 4
1.5. Manfaat Penelitian . . . . . 5
1.6. Tinjauan Pustaka . . . . . 5
1.7. Metodologi Penelitian . . . . . 8
1.8. Sistematika Penulisan . . . . . 9
**II LANDASAN TEORI** . . . . . **11**
2.1. Konsep Statistika Matematika . . . . . 11
2.1.1. Ringkasan Numerik . . . . . 11
2.1.2. Probabilitas . . . . . 12
2.1.3. Variabel Acak . . . . . 14
2.2. Matriks dan Operasi Matriks . . . . . 15
2.2.1. Matriks Ketetanggaan (*Adjacency Matrix*) . . . . . 17
2.3. Operasi Hadamard . . . . . 19
2.3.1. Sifat-Sifat Operasi Hadamard . . . . . 21
2.3.2. Peran Operasi Hadamard pada Pembelajaran Mesin . . . . . 22
2.4. Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*) . . . . . 23
2.4.1. Data Latih dan Data Uji . . . . . 25
2.4.2. *Underfitting* dan *Overfitting* . . . . . 25

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Sentimen Ulasan Game EFootball Menggunakan Metode Local Global Memory - Heterogeneous Graph Neural Network**
Rafian Rizki Ramadhani, Prof. Dr. Abdurakhman, S.Si., M.Si.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**



2.4.3. *Hyperparameter* . . . . . 26
2.4.4. *Loss Function* . . . . . 26
2.5. *Gradient Descent* . . . . . 28
2.6. Optimasi Adam dan AdamW . . . . . 30
2.7. Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) . . . . . 32
2.7.1. Struktur Dasar Neuron dan *Perceptron* . . . . . 32
2.7.2. *Multilayer Perceptron* (MLP) . . . . . 35
2.7.3. *Backpropagation* . . . . . 36
2.7.4. Fungsi Aktivasi . . . . . 40
2.8. Pemrosesan Bahasa Alami (*Natural Language Processing*) . . . . . 41
2.8.1. *Text Preprocessing* . . . . . 42
2.8.2. *Word Clouds* . . . . . 44
2.8.3. *N-Grams* . . . . . 44
2.9. *Web Scraping* . . . . . 45
2.9.1. *Crawler* . . . . . 45
2.9.2. *Application Programming Interface* (API) . . . . . 45
**III ANALISIS SENTIMEN ULASAN *GAME* EFOOTBALL MENGGUNAKAN METODE *LOCAL GLOBAL MEMORY - HETEROGENEOUS GRAPH NEURAL NETWORK* . . . . . 46**
3.1. Analisis Sentimen . . . . . 46
3.1.1. Klasifikasi Sentimen . . . . . 47
3.1.2. Pelabelan Kelas Sentimen . . . . . 47
3.2. *Aspect-Based Sentiment Analysis* (ABSA) . . . . . 48
3.2.1. Unit Analisis pada Pemanfaatan Aspek . . . . . 48
3.2.2. Pemanfaatan Aspek pada Kalimat Multi-Aspek . . . . . 49
3.3. Kelas Tidak Seimbang . . . . . 50
3.4. *Feature Extraction* . . . . . 51
3.4.1. Tokenisasi . . . . . 52
3.4.2. *Padding Sequences* . . . . . 52
3.4.3. *Word Embedding* Berbasis IndoBERT . . . . . 53
3.4.4. *Aspect Term Identification* . . . . . 55
3.5. IndoBERT . . . . . 57
3.5.1. Representasi *Input* IndoBERT . . . . . 57
3.5.2. *Pre-trained* IndoBERT . . . . . 58
3.5.3. *Fine-Tuning* IndoBERT . . . . . 59
3.6. *Local-Global Memory* (LGM) . . . . . 59

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Sentimen Ulasan Game EFootball Menggunakan Metode Local Global Memory - Heterogeneous Graph Neural Network**
Rafian Rizki Ramadhani, Prof. Dr. Abdurakhman, S.Si., M.Si.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**



3.6.1. Arsitektur GRU . . . . . 60
3.6.2. Memori Lokal dan Global . . . . . 61
3.7. *Heterogeneous Graph Neural Network* (HGNN) . . . . . 62
3.7.1. Konstruksi Graf Heterogen . . . . . 64
3.7.2. *Biaffine Word Aspect Attention* . . . . . 66
3.7.3. *Output Layer* untuk Klasifikasi Biner . . . . . 67
3.8. Optimasi AdamW . . . . . 68
3.9. Ukuran Kebaikan Klasifikasi . . . . . 69
3.10. Alur Analisis . . . . . 71
**IV STUDI KASUS . . . . . 75**
4.1. Deskripsi Data . . . . . 76
4.2. Pelabelan Kelas Sentimen . . . . . 78
4.3. Eksplorasi dan Visualisasi Data . . . . . 80
4.3.1. Pemeriksaan Data Hilang dan Data Duplikat . . . . . 80
4.3.2. Visualisasi Perbandingan Karakteristik Sentimen Ulasan . . 81
4.4. *Text Preprocessing* . . . . . 82
4.4.1. Standardisasi Bentuk Teks . . . . . 82
4.4.2. Formalisasi Bahasa Teks . . . . . 83
4.4.3. Penyaringan dan Penghilangan Imbuhan Kata . . . . . 84
4.5. Gambaran Opini Pengguna . . . . . 85
4.5.1. *Word Clouds* . . . . . 85
4.5.2. *N-Grams* . . . . . 86
4.6. Pembagian Data Latih dan Data Uji . . . . . 89
4.7. Penanganan Kelas Tidak Seimbang . . . . . 89
4.8. *Feature Extraction* . . . . . 89
4.8.1. Tokenisasi . . . . . 90
4.8.2. Padding Sequences . . . . . 92
4.8.3. Word Embedding . . . . . 93
4.8.4. Aspect Term Identification . . . . . 94
4.8.5. Embedding Layer . . . . . 96
4.9. Klasifikasi Sentimen dengan IndoBERT . . . . . 98
4.10. Klasifikasi Sentimen dengan IndoBERT - *Heterogeneous Graph Neural Network* . . . . . 101
4.11. Klasifikasi Sentimen dengan *Local Global Memory - Heterogeneous Graph Neural Network* . . . . . 103
4.12. Perbandingan Akhir Performa Klasifikasi . . . . . 106

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Sentimen Ulasan Game EFootball Menggunakan Metode Local Global Memory - Heterogeneous Graph Neural Network**
Rafian Rizki Ramadhani, Prof. Dr. Abdurakhman, S.Si., M.Si.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**



**V PENUTUP . . . . . 108**
5.1. Kesimpulan . . . . . 108
5.2. Saran . . . . . 109
**DAFTAR PUSTAKA . . . . . 111**
**A Syntax Python . . . . . 116**