UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prediksi Multi-Langkah Perilaku Lawan dalam Interaksi Closed-Loop pada Iterated Prisoner's Dilemma
Faqih Mahardika, Dr. Sri Mulyana, M.Kom.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERNYATAAN iii

PRAKATA iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR x

INTISARI xii

ABSTRACT xiii

I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Penelitian 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penelitian 4

II TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Metodologi pemodelan lawan *Repeated Games* 8
2.2 Efektivitas strategi pemodelan lawan dievaluasi dalam *Repeated Games* 9
2.3 Celah Penelitian 12

III LANDASAN TEORI 13

3.1 Game Theory 13
3.1.1 Dilema Sosial 13
3.1.2 Prisoner's Dilemma 13
3.2 Pemodelan Lawan 18
3.3 Long Short-Term Memory (LSTM) 19

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prediksi Multi-Langkah Perilaku Lawan dalam Interaksi Closed-Loop pada Iterated Prisoner's Dilemma
Faqih Mahardika, Dr. Sri Mulyana, M.Kom.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.1 Forget Gate . . . 19
3.3.2 Input Gate . . . 20
3.3.3 Candidate Cell State . . . 21
3.3.4 Cell State (Memori Jangka Panjang) . . . 21
3.3.5 Output Gate . . . 21
3.4 Prediksi Multi-Langkah . . . 22
3.4.1 Peramalan Rekursif dalam Closed Loop . . . 22
3.5 Metriks Loss dan Evaluasi . . . 23
3.5.1 Cross-Entropy . . . 23
3.5.2 Negative Log-Likelihood . . . 24
3.5.3 Confusion Matrix . . . 25
3.5.4 Rank Order Centroid (ROC) . . . 26
3.6 Analisis Statistik . . . 27
3.6.1 Central Limit Theorem . . . 27
3.6.2 Paired t-Test . . . 28
3.6.3 Ukuran Efek Cohen's *d* . . . 28

IV ANALISIS DAN PERANCANGAN 30
4.1 Deskripsi Umum . . . 30
4.2 Formulasi Masalah . . . 30
4.3 Rancangan Algoritma Metode . . . 31
4.3.1 Gambaran Umum . . . 31
4.3.2 Spesifikasi Lingkungan Simulasi IPD . . . 33
4.3.3 Desain Populasi Strategi Lawan . . . 34
4.3.4 Prosedur dan Simulasi Generasi Data . . . 34
4.3.5 Representasi dan Persiapan Dataset . . . 35
4.3.6 Perancangan Model Prediksi Lawan . . . 36
4.3.7 Protokol Validasi . . . 39
4.3.8 Protokol Evaluasi . . . 42
4.4 Analisis Eksperimen . . . 43
4.4.1 Analisis Ablasi Model . . . 43
4.4.2 Analisis Perilaku Strategi Lawan . . . 44
4.4.3 Pelaporan Hasil . . . 44

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prediksi Multi-Langkah Perilaku Lawan dalam Interaksi Closed-Loop pada Iterated Prisoner's Dilemma
Faqih Mahardika, Dr. Sri Mulyana, M.Kom.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

V IMPLEMENTASI **45**
5.1 Implementasi . . . 45
5.1.1 Lingkungan Implementasi . . . 45
5.2 Implementasi Lingkungan Simulasi . . . 46
5.2.1 Implementasi Turnamen Iterated Prisoner's Dilemma . . . 46
5.2.2 Implementasi Populasi Strategi . . . 46
5.3 Implementasi Generasi dan Persiapan Data . . . 47
5.3.1 Generasi Data Pertandingan . . . 47
5.3.2 Pembagian Dataset . . . 48
5.3.3 Representasi Data Historis . . . 48
5.3.4 Padding dan Masking Dataset . . . 48
5.3.5 Dua Bentuk Dataset Pelatihan . . . 49
5.4 Implementasi Model Prediksi Lawan . . . 50
5.4.1 Arsitektur LSTM . . . 50
5.4.2 Representasi Aksi . . . 51
5.4.3 Lapisan Keluaran . . . 51
5.4.4 Implementasi Rollout . . . 52
5.4.5 Implementasi *Rollout* Berbasis Strategi . . . 53
5.5 Implementasi Proses Pelatihan . . . 54
5.5.1 Fungsi Kerugian ROC . . . 54
5.5.2 Pelatihan Prediksi Satu Langkah . . . 56
5.5.3 Pelatihan Forecasting . . . 57
5.6 Implementasi Validasi dan Tuning Hiperparameter . . . 60
5.6.1 Perubahan Metrik Validasi . . . 60
5.6.2 Strategi Evaluasi Rollout . . . 60
5.6.3 Penyesuaian Ruang Hiperparameter . . . 61
5.6.4 Tahapan Tuning Hiperparameter . . . 62
5.7 Implementasi Pengujian . . . 64
5.7.1 Konfigurasi Model yang Diuji . . . 65
5.7.2 Prosedur Pengujian . . . 65
5.7.3 Pencatatan Data Pengujian . . . 65
5.8 Implementasi Analisis . . . 66
5.8.1 Agregasi Data Hasil Pengujian . . . 67
5.8.2 Agregasi Metrik Per Permainan . . . 67
5.8.3 Agregasi Metrik Per Pasangan Strategi . . . 67

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prediksi Multi-Langkah Perilaku Lawan dalam Interaksi Closed-Loop pada Iterated Prisoner's Dilemma
Faqih Mahardika, Dr. Sri Mulyana, M.Kom.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.8.4 Agregasi Temporal Berdasarkan Turn Permainan 68
5.8.5 Agregasi Berdasarkan Horizon Prediksi 68
5.8.6 Visualisasi Hasil 69
5.8.7 Studi Kasus Permainan 69
5.8.8 Analisis Statistik 69

VI HASIL DAN ANALISIS **71**
6.1 Hasil dan Pembahasan 71
6.1.1 Hasil Generasi Data Turnamen 71
6.1.2 Hasil Pelatihan dan Hyperparameter Tuning 72
6.1.3 Analisis Kemampuan Prediksi Multi-Langkah 77
6.1.4 Analisis Dampak *Rollout* Berbasis Strategi 84
6.1.5 Analisis Dampak Strategi Perhitungan *Loss* 92
6.1.6 Diskusi Umum 95

VIIKESIMPULAN DAN SARAN **102**
7.1 Kesimpulan 102
7.2 Saran 102

DAFTAR PUSTAKA **104**