UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Model Sequence-to-Sequence Berbasis Gated Recurrent Unit (GRU) dengan Embedding dan Multi-Task Learning untuk Estimasi Cadangan Klaim Asuransi
ARNAYA INGGID NIRMALA, Prof. Dr. Drs. Gunardi, M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL . . . . . **i**
HALAMAN PERSEMBAHAN . . . . . **iv**
HALAMAN MOTTO . . . . . **v**
PRAKATA . . . . . **vi**
DAFTAR ISI . . . . . **x**
DAFTAR TABEL . . . . . **xiii**
DAFTAR GAMBAR . . . . . **xv**
DAFTAR LAMBANG . . . . . **xvii**
INTISARI . . . . . **xviii**
ABSTRACT . . . . . **xix**
I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang dan Perumusan Masalah 1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian 4
1.3. Tinjauan Pustaka 5
1.4. Metode Penelitian 8
1.5. Sistematika Penulisan 8
II DASAR TEORI **10**
2.1. Asuransi 10
2.1.1. Klaim dalam Asuransi 12
2.1.2. Cadangan Klaim 13
2.1.3. Lini Bisnis Asuransi *Short-Tail* dan *Long-Tail* 15
2.2. *Run-off Triangle* 16
2.3. Metode *Chain Ladder* 20
2.4. *Machine Learning* 22
2.5. Jaringan Saraf Tiruan (*Neural Network*) 23
2.5.1. Fungsi Aktivasi 26
2.5.2. *Multi Layer Perceptron* (MLP) 27
2.6. *Recurrent Neural Network* (RNN) 29
2.7. *Loss Function* 31
2.7.1. *Mean Squared Error* (MSE) 32
2.8. Optimisasi Adam 33
2.8.1. AMSGrad 35
2.9. Regularisasi dalam Jaringan Syaraf Tiruan 36

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Model Sequence-to-Sequence Berbasis Gated Recurrent Unit (GRU) dengan Embedding dan Multi-Task Learning untuk Estimasi Cadangan Klaim Asuransi
ARNAYA INGGID NIRMALA, Prof. Dr. Drs. Gunardi, M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.9.1. *Dropout* . . . 36
2.9.2. *Early Stopping* . . . 38
2.10. Metrik Evaluasi Model . . . 40
2.10.1. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) . . . 40
2.10.2. *Root Mean Squared Percentage Error* (RMSPE) . . . 41
2.11. *Ensemble Learning* . . . 41
2.11.1. Kuantil sebagai Proksi Interval Prediksi . . . 44
2.12. Uji *Wilcoxon Signed-Rank* . . . 45
III Analisis Model *Sequence-to-Sequence* Berbasis *Gated Recurrent Unit* (GRU) dengan *Embedding* dan *Multi-Task Learning* untuk Estimasi Cadangan Klaim Asuransi . . . 48
3.1. *Gated Recurrent Unit* (GRU) . . . 48
3.1.1. Mekanisme Kerja GRU . . . 49
3.2. Backpropagation Through Time pada Arsitektur GRU . . . 52
3.3. *Sequence-to-Sequence* . . . 55
3.3.1. Encoder . . . 56
3.3.2. Decoder . . . 57
3.4. Mekanisme *Context Broadcasting* pada Decoding Non-Autoregresif 59
3.5. Arsitektur Dasar Seq2Seq GRU untuk Estimasi Cadangan Klaim . . 61
3.6. Embedding Layer untuk Representasi Variabel Kategorik . . . 64
3.7. *Multi-Task Learning* dan Pemanfaatan Informasi Kovariat *Claim Outstanding* . . . 65
3.7.1. Konsep Variabel Kovariat dalam Pemodelan Deret Waktu Multivariat . . . 65
3.7.2. *Multi-Task Learning* . . . 66
3.8. Desain Studi Ablasi Empat Kondisi Arsitrektur . . . 68
3.8.1. Arsitektur M1 . . . 70
3.8.2. Arsitektur M2 dengan Penambahan Lapisan *Embedding* . . 70
3.8.3. Arsitektur M3 dengan Penambahan *Multi-task Learning* Berbasis Informasi *Claim Outstanding* (OS) . . . 72
3.8.4. Arsitektur M4 dengan Penambahan *Embedding Layer* dan *Multi-Task Learning* . . . 73
3.9. Representasi Data Klaim sebagai Urutan Data . . . 75
3.9.1. Pembentukan Sampel pada Data Latih dan Data Uji . . . 76
3.10. Fungsi Loss Masked MSE . . . 77
3.11. *Hyperparameter* dalam Model Sequence-to-Sequence-GRU . . . 79
3.12. Algoritma Pelatihan Model . . . 84

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Model Sequence-to-Sequence Berbasis Gated Recurrent Unit (GRU) dengan Embedding dan Multi-Task Learning untuk Estimasi Cadangan Klaim Asuransi
ARNAYA INGGID NIRMALA, Prof. Dr. Drs. Gunardi, M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.13. Rekonstruksi Prediksi menjadi Ultimate Loss dan Cadangan Klaim . 88
3.14. Alur Metodologi Penelitian 89
IV STUDI KASUS 92
4.1. Deskripsi Data 92
4.1.1. Normalisasi Data 96
4.1.2. Pembagian Data Latih, Validasi, dan Uji 99
4.2. Rekonstruksi Data Klaim ke Bentuk Urutan Data 99
4.3. Pengaturan Pelatihan dan Diagnostik Model 102
4.3.1. Klasifikasi Perilaku Model 105
4.4. Perhitungan Cadangan Klaim dengan *Chain Ladder* 106
4.4.1. *Chain Ladder* pada LOB Private Passenger Auto (PA) . . . 106
4.4.2. *Chain Ladder* pada LOB Workers Compensation 108
4.5. Evaluasi Metrik Hasil Estimasi 111
4.5.1. Analisis Ablasi Kontribusi Komponen 113
4.5.2. Uji Signifikansi Statistik 116
4.6. Analisis Estimasi Cadangan Klaim 117
4.7. Analisis Kestabilan Prediksi Ensemble 119
V PENUTUP 121
5.1. Kesimpulan 121
5.2. Saran 123
DAFTAR PUSTAKA 125
A DATA PENELITIAN SKRIPSI 132
A Kode Program Python 135