UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Optimalisasi Deteksi Anomali Transaksi Keuangan Menggunakan Copula-Based Outlier Detection (COPOD)
sebagai Metode Distribusi-Agnostik**
Aulia Mirfah Setyo Ayu Damayanti, Prof. Dr. Drs. Gunardi, M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | 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 ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
INTISARI ..... **xiv**
ABSTRACT ..... **xv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Pembatasan Masalah 5
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian 6
1.4. Tinjauan Pustaka 7
1.5. Metodologi Penelitian 9
1.6. Sistematika Penulisan 11
BAB II LANDASAN TEORI **14**
2.1. Aljabar Vektor dan Matriks 14
2.1.1. Vektor 14
2.1.2. Matriks 16
2.1.3. Bentuk Kuadrat 19
2.2. Ruang Sampel dan Kejadian 19
2.3. Probabilitas 20
2.4. Variabel Random 21
2.4.1. Variabel Random Diskret 21
2.4.2. Variabel Random Kontinu 22
2.4.3. Penyokong Variabel Random 23
2.4.4. Distribusi Probabilitas Gabungan 24
2.4.5. Distribusi Probabilitas Marginal 30
2.5. Ukuran Numerik Variabel Random 31
2.5.1. Ekspektasi 31
2.5.2. Variansi 32
2.5.3. Deviasi Standar 33
2.5.4. Kovariansi 33
2.5.5. Korelasi 33

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Optimalisasi Deteksi Anomali Transaksi Keuangan Menggunakan Copula-Based Outlier Detection (COPOD)
sebagai Metode Distribusi-Agnostik**
Aulia Mirfah Setyo Ayu Damayanti, Prof. Dr. Drs. Gunardi, M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.6. *Empirical Cumulative Distribution Function* (ECDF) 34
2.6.1. Definisi Fungsi Distribusi Empiris 34
2.6.2. Teorema Glivenko–Cantelli 35
2.7. *Data Mining* 37
2.7.1. Tahapan dalam *Data Mining* 38
2.7.2. Penerapan *Data Mining* dalam Bidang Keuangan 39
2.8. *Machine Learning* 40
2.8.1. *Supervised Learning* 41
2.8.2. *Semi-Supervised Learning* 42
2.8.3. *Unsupervised Learning* 42
2.9. Deteksi Anomali 43
2.9.1. Jenis Pendekatan Deteksi Anomali 43
2.9.2. Anomali dalam Transaksi Keuangan 45
2.9.3. Tantangan dan Karakteristik Data Keuangan 47
BAB III ANALISIS DAN EVALUASI DETEKSI ANOMALI DENGAN ALGORITMA-ALGORITMA BERBASIS DISTRIBUSI 48
3.1. Deteksi *Outlier* 48
3.2. *Histogram-Based Outlier Detection* (HBOS) 50
3.2.1. Formulasi Dasar HBOS 50
3.2.2. Proses Estimasi Kepadatan Histogram 51
3.2.3. Algoritma *Histogram-Based Outlier Score* (HBOS) 51
3.2.4. Keunggulan dan Keterbatasan Metode HBOS 53
3.3. *Gaussian Mixture Model* (GMM) 54
3.3.1. Distribusi Gaussian dan Dasar Probabilistik 54
3.3.2. Formulasi Model Gaussian Mixture 56
3.3.3. Estimasi Parameter pada Distribusi Gaussian Tunggal 57
3.3.4. Estimasi Parameter dalam GMM 58
3.3.5. Penentuan Jumlah Komponen dan Skor Outlier 60
3.3.6. Algoritma *Gaussian Mixture Model* (GMM) 62
3.4. *Elliptic Envelope* 64
3.4.1. Asumsi dan Konsep Dasar 65
3.4.2. Algoritma *Elliptic Envelope* 65
3.4.3. Estimasi Kovarians dengan *Minimum Covariance Determinant* (MCD) 68
3.4.4. Penentuan Skor dan *Threshold* Anomali 68
3.4.5. Kelebihan dan Keterbatasan 69
3.5. *Copula-Based Outlier Detection* (COPOD) 70
3.5.1. Kerangka Teoretis COPOD 73
3.5.2. Algoritma *Copula-Based Outlier Detection* (COPOD) 76
3.5.3. Interpretabilitas *Copula-Based Outlier Detection* (COPOD) 78
3.6. Evaluasi Kinerja Model 79
3.6.1. *Confusion Matrix* 79

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Optimalisasi Deteksi Anomali Transaksi Keuangan Menggunakan Copula-Based Outlier Detection (COPOD)
sebagai Metode Distribusi-Agnostik**
Aulia Mirfah Setyo Ayu Damayanti, Prof. Dr. Drs. Gunardi, M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.6.2. Akurasi 81
3.6.3. Presisi 81
3.6.4. *Recall* 82
3.6.5. *F1-Score* 82
3.6.6. *Receiver Operating Characteristic – Area Under Curve (ROC-AUC)* 83
BAB IV STUDI KASUS 85
4.1. Deskripsi Umum Dataset 85
4.2. Tahapan Analisis 87
4.3. Analisis Karakteristik Dataset 89
4.4. Pra-pemrosesan Data 92
4.4.1. Pembentukan Identitas Nasabah 92
4.4.2. Penghapusan *Missing Value* dan Duplikasi Baris 92
4.4.3. *Feature Engineering* 93
4.4.4. Standardisasi Data 97
4.5. Fitur Utama Analisis 98
4.5.1. Eksploratory Data Analysis (EDA) 100
4.6. Pembentukan Model 103
4.7. Evaluasi Hasil 105
4.7.1. Hasil Evaluasi Pendekatan Transaksi Global 106
4.7.2. Hasil Evaluasi Pendekatan Agregasi Berbasis Nasabah 110
4.8. Interpretasi Hasil Analisis 113
4.9. Implementasi *Copula-Based Outlier Detection* (COPOD) 116
BAB V PENUTUP 119
5.1. Kesimpulan 119
5.2. Saran 121
DAFTAR PUSTAKA 122
BAB A Data 128
BAB B Syntax Python 131