

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN.....	v
KARYA ASLI TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Tahapan Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	8
2.1 <i>Blockchain</i> dan <i>Smart Contract</i>	8
2.1.1 <i>Blockchain</i>	8
2.1.2 Ethereum.....	9
2.1.3 <i>Smart Contract</i>	10
2.2 Kerentanan <i>Smart Contract</i>	12
2.3 <i>Analysis Tools</i>	14
2.4 Konsensus Hasil Deteksi	17
2.5 Metadata	18
2.6 Dataset ScrwalD	19
2.7 Klasifikasi <i>Multi-Label</i>	20
2.8 Model Algoritma	21
2.8.1 Regresi Logistik.....	21
2.8.2 Linear-SVM.....	23
2.9 SHAP	26
2.10 Evaluasi Model <i>Multi-label</i>	29
2.10.1 <i>Confusion Matrix</i>	29
2.10.2 <i>Precision</i>	30
2.10.3 <i>Recall</i>	30

2.10.4	<i>F1-score</i>	31
2.10.5	<i>Micro dan Macro</i>	31
2.10.6	<i>Hamming Loss</i>	32
2.11	Studi Literatur.....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		38
3.1	Metodologi Penelitian	38
3.1.1	Identifikasi Masalah	39
3.1.2	Pengumpulan Data.....	39
3.1.3	<i>Data Preprocessing</i>	40
3.1.4	Perancangan Model	51
3.1.5	Pelatihan Model.....	55
3.1.6	Evaluasi	57
3.1.7	Analisis Interpretasi Model	60
3.2	Metodologi Pengembangan Sistem	63
3.2.1	Analisis Kebutuhan	64
3.2.2	Desain Sistem	65
3.2.3	Pengembangan Sistem.....	68
3.2.4	Pengujian Sistem	68
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....		70
4.1	Implementasi	70
4.1.1	Pengumpulan Data.....	70
4.1.2	Implementasi <i>Data Preprocessing</i>	70
4.1.3	Implementasi Perancangan Model.....	75
4.1.4	Implementasi Analisis Interpretasi Model.....	78
4.1.5	Implementasi Antarmuka Pengguna.....	81
4.2	Hasil.....	85
4.2.1	Hasil <i>Data Preprocessing</i>	85
4.2.2	Hasil Evaluasi Model	88
4.2.3	Hasil Analisis Interpretasi Model.....	92
4.2.4	Hasil Implementasi Antarmuka Pengguna	104
4.3	Pembahasan	109
BAB V PENUTUP		112
5.1	Kesimpulan.....	112
5.2	Saran	113

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan cakupan deteksi masing-masing tool terhadap jenis kerentanan yang digunakan dalam penelitian (Yashavant et al., 2022)	17
Tabel 2.2 confusion matrix (Branco et al., 2015).....	30
Tabel 2.3 <i>State of The Art</i>	33
Tabel 2.3 <i>State of The Art</i> (Lanjutan).....	34
Tabel 2.3 <i>State of The Art</i> (Lanjutan).....	35
Tabel 3.1 Ringkasan Hasil Cleaning Data	42
Tabel 3.2 Daftar Label Awal dan Label Final	44
Tabel 3.3 Daftar fitur <i>tool-derived</i> hasil <i>metadata parsing</i>	46
Tabel 3.4 Contoh hasil <i>metadata parsing</i> pada <i>smart contract</i>	47
Tabel 3.5 Ringkasan pembagian <i>data train/validation/test</i>	48
Tabel 3.6 Distribusi <i>support</i> label pada subset train/validation/test	49
Tabel 3.7 Dimensi Matriks Fitur (X) dan Label (Y) per Subset	51
Tabel 3.8 Label Aktual dan Label Prediksi pada 5 Sampel Uji	57
Tabel 3.9 Komponen <i>Confusion matrix</i> per Label	59
Tabel 3.10 Rincian Ketidakcocokan Label Prediksi dan Label Aktual pada Simulasi <i>Hamming loss</i>	60
Tabel 3.11 Ringkasan Metrik Evaluasi	60
Tabel 3.12 Skenario Pengujian Black Box.....	69
Tabel 4.1 Tabel Pengumpulan Data	70
Tabel 4.2 Hasil <i>Data Cleaning</i>	86
Tabel 4.3 Hasil <i>Label Mapping</i>	86
Tabel 4.4 Daftar Fitur Hasil <i>Metadata Parsing</i>	87
Tabel 4.5 Hasil Pembagian Data	87
Tabel 4.6 Distribusi Label pada Setiap Subset.....	88
Tabel 4.7 Hasil Penyusunan Matriks Fitur dan Label	88
Tabel 4.8 Hasil Evaluasi Utama Model	90
Tabel 4.9 Hasil Evaluasi Per Label Regresi Logistik.....	91
Tabel 4.10 Hasil Evaluasi Per Label Linear-SVM.....	92
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Black Box.....	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Distributed ledger technology</i> (The World Bank Group, 2017)	9
Gambar 2.2 Eksekusi <i>Smart contract</i> pada Skenario Dunia Nyata (Praitheeshan et al., 2020)	11
Gambar 2.3 Kurva Fungsi Sigmoid pada Regresi Logistik (Cramer, 2002).....	22
Gambar 2.4 Decision Boundary pada Regresi Logistik (Ng & Ma, 2023).....	23
Gambar 2.5 <i>Hyperplane</i> , Margin, dan <i>Support Vectors</i> pada Linear-SVM.....	26
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	38
Gambar 3.2 Preview Dataset dari Berkas <i>vulnerabilities.json</i>	40
Gambar 3.3 Preview Dataset dari Berkas <i>Majority_result.json</i>	40
Gambar 3.4 Flowchart <i>Data preprocessing</i>	41
Gambar 3.5 Flowchart Cleaning Data.....	41
Gambar 3.6 Flowchart <i>Label mapping</i>	43
Gambar 3.7 Ilustrasi <i>Label mapping</i>	44
Gambar 3.8 Flowchart <i>Metadata parsing</i> 6	45
Gambar 3.9 Flowchart <i>Split</i> dan Anti Leakage	48
Gambar 3.10 Flowchart Skema <i>Multi-label One-vs-rest</i>	52
Gambar 3.11 Flowchart Pelatihan Model	56
Gambar 3.12 Tahapan Model Waterfall	64
Gambar 3.13 Arsitektur Sistem.....	65
Gambar 3.14 Alur Perancangan Sistem	66
Gambar 3.15 Wireframe Halaman Beranda	66
Gambar 3.16 Wireframe Halaman Evaluasi	67
Gambar 3.17 Halaman Klasifikasi	68
Gambar 4.1 Confusion Matrix Per Label Regresi Logistik	89
Gambar 4.2 Confusion Matrix Per Label Linear-SVM	90
Gambar 4.3 Kontribusi Fitur pada Model Regresi Logistik untuk Label ARTHM93	
Gambar 4.4 Kontribusi Fitur pada Model Regresi Logistik untuk Label LE	93
Gambar 4.5 Kontribusi Fitur pada Model Regresi Logistik untuk Label RENT... 94	
Gambar 4.6 Kontribusi Fitur pada Model Regresi Logistik untuk Label TimeM . 94	
Gambar 4.7 Kontribusi Fitur pada Model Regresi Logistik untuk Label TimeO .. 95	
Gambar 4.8 Kontribusi Fitur pada Model Regresi Logistik untuk Label TX-Origin	95
Gambar 4.9 Kontribusi Fitur pada Model Regresi Logistik untuk Label UE.....	96
Gambar 4.10 Kontribusi Fitur pada Model Linear-SVM untuk Label ARTHM ... 97	
Gambar 4.11 Kontribusi Fitur pada Model Linear-SVM untuk Label LE.....	97
Gambar 4.12 Kontribusi Fitur pada Model Linear-SVM untuk Label RENT	98
Gambar 4.13 Kontribusi Fitur pada Model Linear-SVM untuk Label TimeM.....	98
Gambar 4.14 Kontribusi Fitur pada Model Linear-SVM untuk Label TimeO	99
Gambar 4.15 Kontribusi Fitur pada Model Linear-SVM untuk Label TX-Origin 99	
Gambar 4.16 Kontribusi Fitur pada Model Linear-SVM untuk Label UE	100
Gambar 4.17 Perbandingan Kontribusi Fitur Regresi Logistik dan Linear-SVM pada Label ARTHM	101
Gambar 4.18 Perbandingan Kontribusi Fitur Regresi Logistik dan Linear-SVM pada Label LE	101
Gambar 4.19 Perbandingan Kontribusi Fitur Regresi Logistik dan Linear-SVM pada Label RENT.....	102

Gambar 4.20 Perbandingan Kontribusi Fitur Regresi Logistik dan Linear-SVM pada Label TimeM	102
Gambar 4.21 Perbandingan Kontribusi Fitur Regresi Logistik dan Linear-SVM pada Label TimeO	103
Gambar 4.22 Perbandingan Kontribusi Fitur Regresi Logistik dan Linear-SVM pada Label TX-Origin	103
Gambar 4.23 Perbandingan Kontribusi Fitur Regresi Logistik dan Linear-SVM pada Label UE.....	104
Gambar 4.24 Halaman Beranda Sistem	105
Gambar 4.25 Halaman Evaluasi: Ringkasan Metrik Model	105
Gambar 4.26 Halaman Evaluasi: Classification Report.....	106
Gambar 4.27 Halaman Evaluasi: F1-score per Label	106
Gambar 4.28 Halaman Klasifikasi: Upload Report	107
Gambar 4.29 Halaman Klasifikasi: Hasil Metadata Parsing.....	107
Gambar 4.30 Halaman Klasifikasi: Hasil Klasifikasi	108