

## DAFTAR ISI

|                                                                         |             |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>                                                    | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b>                                               | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b>                                               | <b>iv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR</b>                                                   | <b>v</b>    |
| <b>INTISARI</b>                                                         | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>                                                         | <b>viii</b> |
| <b>1 PENDAHULUAN</b>                                                    | <b>7</b>    |
| 1.1 Latar Belakang . . . . .                                            | 7           |
| 1.2 Perumusan Masalah . . . . .                                         | 9           |
| 1.3 Batasan Penelitian . . . . .                                        | 9           |
| 1.4 Tujuan Penelitian . . . . .                                         | 10          |
| 1.4.1 Tujuan Umum . . . . .                                             | 10          |
| 1.4.2 Tujuan Khusus . . . . .                                           | 10          |
| 1.5 Manfaat Penelitian . . . . .                                        | 10          |
| 1.5.1 Bagi Lembaga Pemerintah . . . . .                                 | 11          |
| 1.5.2 Bagi Dunia Usaha dan Pelaku Tender . . . . .                      | 11          |
| 1.5.3 Bagi Lingkungan Akademis dan Peneliti Selanjutnya . . . . .       | 11          |
| 1.5.4 Bagi Masyarakat Umum . . . . .                                    | 12          |
| <b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>                                               | <b>13</b>   |
| 2.1 Deteksi Kecurangan Tender (Bid Rigging) . . . . .                   | 13          |
| 2.2 Pendekatan Statistik dan Machine Learning untuk Deteksi Bid Rigging | 14          |
| 2.3 Metode Deteksi Anomali . . . . .                                    | 15          |
| 2.4 Penerapan Isolation Forest dalam Deteksi Anomali . . . . .          | 20          |
| 2.5 Penelitian Terkait . . . . .                                        | 22          |
| <b>3 METODOLOGI PENELITIAN</b>                                          | <b>27</b>   |
| 3.1 Deskripsi Umum . . . . .                                            | 27          |
| 3.2 Pengumpulan Data . . . . .                                          | 28          |

|          |                                                         |           |
|----------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3      | Pra-pemrosesan Data . . . . .                           | 31        |
| 3.3.1    | Penyaringan Tender Normal . . . . .                     | 31        |
| 3.3.2    | Parsing Data Semi-Terstruktur . . . . .                 | 32        |
| 3.3.3    | Transformasi Struktur ke Tingkat Peserta . . . . .      | 33        |
| 3.3.4    | Penyaringan Peserta dengan Nilai Penawaran . . . . .    | 34        |
| 3.3.5    | Standarisasi Nilai Penawaran . . . . .                  | 35        |
| 3.3.6    | Penentuan Status Pemenang . . . . .                     | 36        |
| 3.3.7    | Pembentukan Dataset Akhir . . . . .                     | 38        |
| 3.4      | Rekayasa Fitur ( <i>Feature Engineering</i> ) . . . . . | 38        |
| 3.5      | Pembuatan Model ( <i>Model Construction</i> ) . . . . . | 42        |
| 3.5.1    | Alur Pemrosesan Model . . . . .                         | 43        |
| 3.5.2    | Simulasi Jalannya Algoritma . . . . .                   | 44        |
| 3.5.3    | Output yang Diharapkan . . . . .                        | 45        |
| 3.6      | Evaluasi Model ( <i>Model Evaluation</i> ) . . . . .    | 47        |
| 3.6.1    | Evaluasi Distribusi Skor Anomali . . . . .              | 47        |
| 3.6.2    | Evaluasi Stabilitas Parameter . . . . .                 | 48        |
| 3.6.3    | Evaluasi Konsistensi Antar Fitur . . . . .              | 48        |
| 3.6.4    | Evaluasi Robustness terhadap Subsampling Data . . . . . | 48        |
| <b>4</b> | <b>IMPLEMENTASI</b>                                     | <b>50</b> |
| 4.1      | Deskripsi Umum . . . . .                                | 50        |
| 4.2      | Lingkungan Implementasi . . . . .                       | 50        |
| 4.3      | Pengumpulan Data . . . . .                              | 51        |
| 4.4      | Pra-Pemrosesan Data . . . . .                           | 51        |
| 4.4.1    | Penyaringan Tender Normal . . . . .                     | 51        |
| 4.4.2    | Parsing Kolom Semi-Terstruktur (JSON) . . . . .         | 52        |
| 4.4.3    | Transformasi Struktur Data (Explode Peserta) . . . . .  | 53        |
| 4.4.4    | Penyaringan Peserta dengan Nilai Penawaran . . . . .    | 53        |
| 4.4.5    | Standarisasi Format Nilai Penawaran . . . . .           | 53        |
| 4.4.6    | Penentuan Status Pemenang . . . . .                     | 54        |
| 4.4.7    | Pembentukan Dataset Akhir . . . . .                     | 55        |
| 4.5      | Rekayasa Fitur ( <i>Feature Engineering</i> ) . . . . . | 56        |
| 4.5.1    | Pengelompokan Data Berdasarkan Tender . . . . .         | 56        |
| 4.5.2    | Pembentukan Fitur Turunan Peserta . . . . .             | 56        |
| 4.5.3    | Pembentukan Fitur Tingkat Tender . . . . .              | 57        |

|          |                                                                                             |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.6      | Pembuatan Model ( <i>Model Construction</i> ) . . . . .                                     | 58        |
| 4.6.1    | Persiapan Data untuk Pemodelan . . . . .                                                    | 58        |
| 4.6.2    | Pembangunan Model Isolation Forest . . . . .                                                | 59        |
| 4.6.3    | Perhitungan Skor Anomali . . . . .                                                          | 60        |
| 4.6.4    | Klasifikasi Anomali Berbasis Persentil . . . . .                                            | 60        |
| 4.6.5    | Agregasi Hasil Deteksi pada Tingkat Tender . . . . .                                        | 61        |
| 4.7      | Evaluasi Model ( <i>Model Evaluation</i> ) . . . . .                                        | 62        |
| 4.7.1    | Evaluasi Kuantitatif Berdasarkan Distribusi Skor Anomali . . . . .                          | 62        |
| 4.7.2    | Evaluasi Stabilitas Parameter . . . . .                                                     | 63        |
| 4.7.3    | Evaluasi Konsistensi Antar Fitur . . . . .                                                  | 63        |
| 4.7.4    | Evaluasi Robustness terhadap Subsampling Data . . . . .                                     | 64        |
| <b>5</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                                                 | <b>67</b> |
| 5.1      | Hasil Distribusi Skor Anomali . . . . .                                                     | 67        |
| 5.1.1    | Hasil Distribusi Skor Anomali Peserta Tender . . . . .                                      | 67        |
| 5.1.2    | Hasil Distribusi Skor Anomali Peserta Berdasarkan <i>Region</i> . . . . .                   | 68        |
| 5.1.3    | Hasil Distribusi pada Tingkat Tender . . . . .                                              | 70        |
| 5.2      | Hasil Hubungan Fitur terhadap Skor Anomali . . . . .                                        | 71        |
| 5.3      | Hasil Observasi Skor Anomali Tinggi . . . . .                                               | 73        |
| 5.3.1    | Hasil Observasi Peserta dengan Skor Anomali Tertinggi . . . . .                             | 73        |
| 5.3.2    | Hasil Observasi Tender dengan Skor Anomali Tertinggi . . . . .                              | 75        |
| 5.3.3    | Hasil Analisis Distribusi Penawaran pada Tender dengan Risi-<br>ko Anomali Tinggi . . . . . | 76        |
| 5.4      | Interpretasi Pola Anomali pada Tender . . . . .                                             | 77        |
| 5.5      | Hasil Evaluasi Model . . . . .                                                              | 81        |
| 5.5.1    | Hasil Evaluasi Distribusi Skor Anomali . . . . .                                            | 81        |
| 5.5.2    | Hasil Evaluasi Stabilitas Parameter . . . . .                                               | 82        |
| 5.5.3    | Hasil Analisis Fitur terhadap Skor Anomali . . . . .                                        | 83        |
| 5.5.4    | Hasil Evaluasi Robustness terhadap Subsampling Data . . . . .                               | 84        |
| <b>6</b> | <b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>                                                                 | <b>86</b> |
| 6.1      | Kesimpulan . . . . .                                                                        | 86        |
| 6.2      | Saran . . . . .                                                                             | 87        |