

## DAFTAR ISI

|                                                                               |       |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL.....                                                            | i     |
| HALAMAN PERSETUJUAN TIM PROMOTOR .....                                        | ii    |
| HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....                                          | iii   |
| PERNYATAAN PROMOVENDUS .....                                                  | iv    |
| PRAKATA .....                                                                 | v     |
| DAFTAR ISI .....                                                              | vii   |
| DAFTAR TABEL .....                                                            | x     |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                           | xii   |
| DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....                                       | xiv   |
| ABSTRAK .....                                                                 | xvii  |
| ABSTRACT.....                                                                 | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                                       | 1     |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                      | 1     |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                     | 4     |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                   | 5     |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                                  | 5     |
| 1.5 Batasan Penelitian .....                                                  | 6     |
| 1.6 Keaslian Penelitian .....                                                 | 6     |
| 1.7 Kontribusi Penelitian .....                                               | 6     |
| 1.8 Sistematika Penulisan Disertasi .....                                     | 9     |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....                              | 10    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka.....                                                     | 10    |
| 2.1.1 Keterbatasan Jumlah Data Kejadian Gempa Bumi .....                      | 15    |
| 2.1.2 Sifat Nonstasioner Sistem Seismik .....                                 | 19    |
| 2.1.3 Pengaruh Derau Lingkungan .....                                         | 26    |
| 2.1.4 Penentuan Lokasi Episenter .....                                        | 32    |
| 2.2 Landasan Teori .....                                                      | 38    |
| 2.2.1 Sistem Stokastik.....                                                   | 38    |
| 2.2.2 Hubungan Antara Fluktuasi Konsentrasi Gas Radon dengan Gempa Bumi ..... | 39    |
| 2.2.2.1 Klasifikasi Pola Fluktuasi Radon .....                                | 40    |
| 2.2.2.2 Asumsi Dasar dan Pemodelan Probabilistik .....                        | 43    |
| 2.2.2.3 prakiraan parameter Gempa Bumi.....                                   | 44    |
| 2.2.2.4 Implementasi Stokastik dan Konteks Penelitian .....                   | 46    |
| 2.2.3 Metode <i>Monte Carlo</i> .....                                         | 47    |
| 2.2.4 Metode <i>Monte Carlo</i> untuk prakiraan gempa Bumi .....              | 49    |
| 2.2.5 Kalman Filter (KF) .....                                                | 53    |
| 2.2.6 Keterulangan Gempa Bumi .....                                           | 56    |
| 2.2.7 <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....                               | 58    |



|         |                                                                                                            |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.2.8   | Metode Trilaterasi- <i>Monte Carlo</i> untuk Prediksi Lokasi Gempa Bumi .....                              | 64  |
| 2.3     | Hipotesis Penelitian .....                                                                                 | 68  |
| BAB III | METODE PENELITIAN .....                                                                                    | 69  |
| 3.1     | Alat .....                                                                                                 | 69  |
| 3.2     | Pengumpulan Data .....                                                                                     | 69  |
| 3.2.1   | Data Primer .....                                                                                          | 69  |
| 3.2.2   | Data Sekunder .....                                                                                        | 69  |
| 3.3     | Kerangka sistem yang dikembangkan .....                                                                    | 70  |
| 3.4     | Pengembangan dan Evaluasi <i>Monte Carlo Aggregating</i> untuk Data Terbatas .....                         | 73  |
| 3.4.1   | Langkah Pengembangan .....                                                                                 | 74  |
| 3.4.2   | Metode Evaluasi .....                                                                                      | 78  |
| 3.5     | Pengembangan dan Evaluasi <i>Real-Time Monte Carlo Aggregating</i> .....                                   | 81  |
| 3.5.1   | Langkah Pengembangan .....                                                                                 | 81  |
| 3.5.2   | Metode Evaluasi .....                                                                                      | 82  |
| 3.6     | Evaluasi Uji Signifikansi Model Prakiraan .....                                                            | 84  |
| 3.7     | Pengembangan dan Evaluasi Deteksi Anomali Radon Berbasis <i>Kalman Filter</i> .....                        | 85  |
| 3.7.1   | Langkah Pengembangan Deteksi Fluktuasi Prekursor Berbasis Kalman Filter .....                              | 85  |
| 3.7.2   | Metode Evaluasi .....                                                                                      | 86  |
| 3.8     | Pengembangan dan Evaluasi <i>LSTM-Kalman Filter</i> .....                                                  | 88  |
| 3.8.1   | Langkah Pengembangan Prediksi Waktu Gempa Bumi berbasis LSTM-Kalman Filter .....                           | 90  |
| 3.8.2   | Metode Evaluasi .....                                                                                      | 91  |
| 3.9     | Pengembangan dan Evaluasi Trilaterasi Berbasis Prekursor Radon dengan <i>Monte Carlo Aggregating</i> ..... | 93  |
| 3.9.1   | Langkah Pengembangan .....                                                                                 | 94  |
| 3.9.2   | Metode Evaluasi .....                                                                                      | 95  |
| 3.10    | Pengembangan dan Evaluasi Estimasi Area atau Kluster Gempa Berbasis <i>Markov Chain Monte Carlo</i> .....  | 97  |
| 3.10.1  | Langkah Pengembangan .....                                                                                 | 97  |
| 3.10.2  | Metode Evaluasi .....                                                                                      | 100 |
| 3.11    | Tahapan Penelitian .....                                                                                   | 102 |
| 3.12    | Indikator Capaian Penelitian .....                                                                         | 102 |
| BAB IV  | HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                                                                 | 105 |
| 4.1     | Hasil Pengembangan dan Evaluasi <i>Monte Carlo Aggregating</i> untuk Data Terbatas .....                   | 105 |
| 4.2     | Hasil Pengembangan dan Evaluasi <i>Real-Time Monte Carlo Aggregating</i> ....                              | 111 |
| 4.3     | Analisis Kinerja Model dan Uji Signifikansi Statistik .....                                                | 117 |
| 4.3.1   | Uji Signifikansi Statistik Kinerja Model dalam Memprakirakan Jarak Episenter .....                         | 117 |



|       |                                                                                                                  |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.2 | Uji Signifikansi Statistik Kinerja Model dalam Memprakirakan Magnitudo .....                                     | 119 |
| 4.3.3 | Uji Signifikansi Statistik Kinerja Model dalam Memprakirakan Waktu Kejadian.....                                 | 122 |
| 4.4   | Hasil Pengembangan dan Evaluasi Deteksi Anomali Radon Berbasis <i>Kalman Filter</i> .....                        | 125 |
| 4.5   | Hasil Pengembangan dan Evaluasi LSTM– <i>Kalman Filter</i> .....                                                 | 134 |
| 4.6   | Hasil Pengembangan dan Evaluasi Trilaterasi Berbasis Prekursor Radon dengan <i>Monte Carlo Aggregating</i> ..... | 142 |
| 4.7   | Hasil Pengembangan dan Evaluasi Estimasi Area atau Klaster Gempa Berbasis <i>Markov Chain Monte Carlo</i> .....  | 145 |
| 4.8   | Temuan Penelitian.....                                                                                           | 150 |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN.....                                                                                        | 153 |
| 5.1   | Kesimpulan .....                                                                                                 | 153 |
| 5.2   | Saran.....                                                                                                       | 153 |
|       | DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                             | 155 |
|       | LAMPIRAN .....                                                                                                   | L-1 |
|       | Lampiran 1: Sertifikat Kalibrasi Sensor.....                                                                     | L-1 |