

## DAFTAR ISI

|                                                                           |      |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING .....                                       | iii  |
| HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....                                          | iv   |
| SURAT PERNYATAAN KARYA ASLI TUGAS AKHIR .....                             | v    |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....                                           | vi   |
| ABSTRAK.....                                                              | vii  |
| ABSTRACT.....                                                             | viii |
| KATA PENGANTAR .....                                                      | ix   |
| DAFTAR TABEL.....                                                         | 3    |
| DAFTAR GAMBAR.....                                                        | 5    |
| DAFTAR MODUL.....                                                         | 6    |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                                    | 7    |
| 1.1 Latar Belakang Masalah .....                                          | 7    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                 | 8    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                                                 | 8    |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                                | 9    |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                                              | 9    |
| 1.6 Tahapan Penelitian .....                                              | 9    |
| 1.7 Sistematika Penulisan.....                                            | 10   |
| BAB II .....                                                              | 12   |
| TINJAUAN LITERATUR.....                                                   | 12   |
| 2.1 Operasi Tambang Bawah Permukaan dan Kegiatan <i>Blasting</i> .....    | 12   |
| 2.2 Permasalahan Penjadwalan Tambang sebagai NP-Hard Problem .....        | 13   |
| 2.3 Metode Penjadwalan Konvensional (Rule-Based / Dispatching Rules) .... | 14   |
| 2.4 Algoritma Genetika .....                                              | 14   |
| 2.5 Kombinasi Rule-Based dan Algoritma Genetika .....                     | 18   |
| 2.6 Penelitian Terdahulu .....                                            | 19   |
| BAB III .....                                                             | 22   |
| METODOLOGI PENELITIAN.....                                                | 22   |
| 3.1 Metodologi Penelitian .....                                           | 22   |
| 3.1.1 Tahapan Penelitian.....                                             | 22   |
| 3.1.2 Lokasi dan Objek Penelitian .....                                   | 23   |
| 3.1.3 Populasi, Sampel, dan Teknik Pengumpulan Data .....                 | 24   |
| 3.1.4 Pengolahan Data .....                                               | 25   |
| 3.2 Perancangan Model Penjadwalan <i>Blasting</i> .....                   | 29   |
| 3.2.1 Data Pengujian .....                                                | 29   |
| 3.2.2 Parameter Algoritma .....                                           | 30   |
| 3.2.3 Representasi Kromosom .....                                         | 30   |
| 3.2.4 Inisialisasi Populasi .....                                         | 31   |

|                                     |                                                                    |    |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.5                               | Pembentukan Jadwal dengan Rule-Based System .....                  | 32 |
| 3.2.6                               | Perhitungan Nilai <i>Fitness</i> .....                             | 39 |
| 3.2.7                               | Proses Seleksi .....                                               | 42 |
| 3.2.8                               | Proses <i>Crossover</i> .....                                      | 43 |
| 3.2.9                               | Proses Mutasi .....                                                | 43 |
| 3.3                                 | Implementasi dan Pengembangan Perangkat Lunak.....                 | 44 |
| 3.3.1                               | Perancangan Arsitektur Sistem.....                                 | 45 |
| 3.3.2                               | Perancangan Basis Data .....                                       | 46 |
| 3.3.3                               | Perancangan Antarmuka .....                                        | 48 |
| 3.4                                 | Skenario Pengujian dan Analisis Kinerja .....                      | 53 |
| 3.4.1                               | Skenario Komparasi Kinerja Algoritma (Studi Perbandingan) .....    | 53 |
| 3.4.2                               | Skenario Pengujian Fungsionalitas Sistem (Black Box Testing) ..... | 54 |
| BAB IV .....                        |                                                                    | 56 |
| HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN..... |                                                                    | 56 |
| 4.1                                 | Implementasi.....                                                  | 56 |
| 4.1.1                               | Lingkungan Implementasi.....                                       | 56 |
| 4.1.2                               | Implementasi Sistem Penjadwalan .....                              | 57 |
| 4.1.3                               | Implementasi Metode Penjadwalan.....                               | 59 |
| 4.1.4                               | Implementasi Parameter Pengujian .....                             | 62 |
| 4.1.5                               | Implementasi Antarmuka Sistem.....                                 | 63 |
| 4.2                                 | Hasil .....                                                        | 69 |
| 4.2.1                               | Hasil Pengujian Parameter Algoritma Genetika.....                  | 69 |
| 4.2.2                               | Hasil Pengujian Komparasi Kinerja Algoritma .....                  | 71 |
| 4.2.3                               | Hasil Pengujian Keterbatasan <i>Resource</i> .....                 | 74 |
| 4.2.4                               | Hasil Pengujian <i>Blasting</i> Fleksibel.....                     | 77 |
| 4.2.5                               | Hasil Pengujian Fungsionalitas Sistem.....                         | 80 |
| 4.3                                 | Pembahasan .....                                                   | 82 |
| 4.3.1                               | Analisis Perbandingan Kinerja Metode .....                         | 82 |
| 4.3.2                               | Analisis Perilaku dan Performa Algoritma Genetika.....             | 82 |
| 4.3.3                               | Analisis Pengaruh Kompleksitas Ruang Solusi .....                  | 83 |
| 4.3.4                               | Analisis Efisiensi Waktu Komputasi .....                           | 84 |
| BAB V .....                         |                                                                    | 86 |
| PENUTUP .....                       |                                                                    | 86 |
| 5.1                                 | Kesimpulan .....                                                   | 86 |
| 5.2                                 | Saran.....                                                         | 86 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                |                                                                    | 88 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> State of The Art .....                                                    | 20 |
| <b>Tabel 2.2</b> State of The Art (Lanjutan) .....                                         | 21 |
| <b>Tabel 3.1</b> Ringkasan aktivitas blasting.....                                         | 26 |
| <b>Tabel 3.2</b> Data <i>Heading</i> .....                                                 | 27 |
| <b>Tabel 3.3</b> Ringkasan Data Sumber Daya.....                                           | 27 |
| <b>Tabel 3.4</b> Jenis Kendala Operasional .....                                           | 28 |
| <b>Tabel 3.5</b> Daftar Constraints.....                                                   | 28 |
| <b>Tabel 3.6</b> Daftar Constraints (lanjutan).....                                        | 29 |
| <b>Tabel 3.7</b> Data <i>Heading</i> Aktif.....                                            | 29 |
| <b>Tabel 3.8</b> Parameter Penjadwalan.....                                                | 30 |
| <b>Tabel 3.9</b> Keterangan Notasi Flowchart Pembentukan Jadwal .....                      | 34 |
| <b>Tabel 3.10</b> Keterangan Notasi Flowchart Pembentukan Jadwal (lanjutan) .....          | 35 |
| <b>Tabel 3.11</b> Data Mentah Hasi Pembangkitan Individu 1.....                            | 35 |
| <b>Tabel 3.12</b> Antrian Tugas Global Individu 1 .....                                    | 36 |
| <b>Tabel 3.13</b> Hasil Simulasi Individu 1 .....                                          | 38 |
| <b>Tabel 3.14</b> Hasil Simulasi Individu 1 (lanjutan).....                                | 39 |
| <b>Tabel 3.15</b> Hasil Seleksi Populasi.....                                              | 42 |
| <b>Tabel 3.16</b> Hasil Mutasi .....                                                       | 44 |
| <b>Tabel 3.17</b> Tabel Aktivitas.....                                                     | 46 |
| <b>Tabel 3.18</b> Tabel Sumber Daya.....                                                   | 47 |
| <b>Tabel 3.19</b> Tabel Nama <i>Heading</i> .....                                          | 47 |
| <b>Tabel 3.20</b> Tabel Riwayat Blasting .....                                             | 47 |
| <b>Tabel 3.21</b> Pengujian Black Box .....                                                | 54 |
| <b>Tabel 3.22</b> Pengujian Black Box (Lanjutan) .....                                     | 55 |
| <b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian Konfigurasi Parameter Algoritma Genetika .....            | 69 |
| <b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian Konfigurasi Parameter Algoritma Genetika (lanjutan) ..... | 70 |
| <b>Tabel 4.3</b> Rata-Rata Kinerja Tiap Kombinasi Parameter .....                          | 70 |
| <b>Tabel 4.4</b> Konfigurasi Parameter Operasional.....                                    | 71 |
| <b>Tabel 4.5</b> Konfigurasi Parameter Algoritma Genetika.....                             | 71 |
| <b>Tabel 4.6</b> Rincian Hasil Data Tiap Test.....                                         | 72 |
| <b>Tabel 4.7</b> Rincian Hasil Data Tiap Test (lanjutan).....                              | 73 |
| <b>Tabel 4.8</b> Rata-Rata Kinerja Tiap Model (Berdasarkan 10 Pengujian) .....             | 74 |
| <b>Tabel 4.9</b> Konfigurasi Parameter AG .....                                            | 74 |
| <b>Tabel 4.10</b> Konfigurasi Resource .....                                               | 75 |
| <b>Tabel 4.11</b> Rincian Hasil Pengujian Skenario Keterbatasan Resource .....             | 75 |
| <b>Tabel 4.12</b> Rincian Hasil Pengujian Skenario Keterbatasan Resource (lanjutan) .....  | 76 |
| <b>Tabel 4.13</b> Rata-Rata Kinerja Tiap Model pada Keterbatasan Resource .....            | 77 |
| <b>Tabel 4.14</b> Konfigurasi Parameter AG .....                                           | 77 |
| <b>Tabel 4.15</b> Konfigurasi Resource .....                                               | 78 |
| <b>Tabel 4.16</b> Rincian Hasil Data Tiap Test.....                                        | 78 |
| <b>Tabel 4.17</b> Rincian Hasil Data Tiap Test (lanjutan) .....                            | 79 |
| <b>Tabel 4.18</b> Rata-Rata Kinerja Tiap Model pada Blasting Fleksibel .....               | 80 |

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 4.19</b> Pengujian Black Box ..... | 81 |
|---------------------------------------------|----|

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Struktur tambang bawah permukaan .....                     | 12 |
| <b>Gambar 3.1</b> Metodologi Penelitian .....                                | 23 |
| <b>Gambar 3.2</b> Data Riwayat Timeline Blatsing Cycle.....                  | 25 |
| <b>Gambar 3.3</b> Alur Sistem Penjadwalan .....                              | 29 |
| <b>Gambar 3.4</b> Alur Pembentukan Jadwal.....                               | 32 |
| <b>Gambar 3.5</b> Alur Pembentukan Jadwal (lanjutan) .....                   | 33 |
| <b>Gambar 3.6</b> Arsitektur Tiga Layer Sistem.....                          | 45 |
| <b>Gambar 3.7</b> Rancangan ERD .....                                        | 48 |
| <b>Gambar 3.8</b> Halaman Konfigurasi Awal .....                             | 49 |
| <b>Gambar 3.9</b> Halaman Analisis Kerja Algoritma .....                     | 50 |
| <b>Gambar 3.10</b> Halaman Hasil Penjadwalan 1 .....                         | 51 |
| <b>Gambar 3.11</b> Halaman Hasil Penjadwalan 2 .....                         | 51 |
| <b>Gambar 3.12</b> Halaman Riwayat dan Laporan 1 .....                       | 52 |
| <b>Gambar 3.13</b> Halaman Riwayat dan Laporan 2 .....                       | 52 |
| <b>Gambar 3.14</b> Halaman Manajemen Data .....                              | 53 |
| <b>Gambar 4.1</b> Halaman Utama Input Parameter GA dan Resource .....        | 64 |
| <b>Gambar 4.2</b> Halaman Utama Input Parameter Operasional .....            | 65 |
| <b>Gambar 4.3</b> Halaman Utama Hasil Komparasi Model .....                  | 65 |
| <b>Gambar 4.4</b> Halaman Utama Grafik Fungsi Fitness.....                   | 65 |
| <b>Gambar 4.5</b> Halaman Utama Visualisasi Gantt Chart Operasional .....    | 66 |
| <b>Gambar 4.6</b> Halaman Utama Visualisasi Gantt Chart Utilisasi Alat ..... | 66 |
| <b>Gambar 4.7</b> Halaman Utama Tabel Rincian Data Aktivitas .....           | 66 |
| <b>Gambar 4.8</b> Halaman Riwayat Penjadwalan .....                          | 67 |
| <b>Gambar 4.9</b> Halaman Manajemen Data .....                               | 68 |