

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------|-----|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| UCAPAN TERIMAKASIH | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| BAB I PENDAHULUAN | 12 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 12 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 17 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 17 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 17 |
| 1.5 Batasan Masalah | 17 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 18 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | 19 |
| 2.1 Citra Digital | 19 |
| 2.2 Sequence Image dan Video | 21 |
| 2.3 Pengolahan Citra | 23 |
| 2.4 Computer Vision | 26 |
| 2.5 Canny Edge Detector | 28 |
| 2.6 Thresholding | 31 |
| 2.7 Hue Saturation Value (HSV) | 32 |
| 2.8 Circle Hough Transform | 33 |
| 2.9 Pencocokan Citra | 35 |
| 2.10 Battacharyya Distance | 36 |
| 2.11 Euclidean Distance | 37 |
| 2.12 Object Tracking | 37 |
| 2.12.1 Particle Filter | 38 |
| 2.12.2 Adaptive Particle Filter | 40 |
| 2.13 Interpolasi Linier | 44 |
| 2.14 Phyton | 45 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.15 | OpenCV | 46 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | | 47 |
| 3.1. | Desain Penelitian | 47 |
| 3.2. | Alat dan Bahan Penelitian | 50 |
| 3.2.1. | Alat Penelitian | 50 |
| 3.2.2. | Bahan Penelitian..... | 50 |
| 3.3. | Metode Penelitian..... | 50 |
| 3.3.1. | Metode Pengumpulan Data | 51 |
| 3.3.2. | Metode Pengembangan Perangkat Lunak | 51 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | | 53 |
| 4.1 | Pengumpulan Data | 53 |
| 4.2 | Pengembangan Model | 56 |
| 4.2.1 | Tahapan Proses Input Video | 57 |
| 4.2.2 | Tahapan Proses Deteksi dengan CHT | 58 |
| 4.2.2.1 | Pembacaan Frame | 59 |
| 4.2.2.2 | Pengubahan Model Warna Menjadi HSV | 60 |
| 4.2.2.3 | Segmentasi Citra | 61 |
| 4.2.2.4 | Canny Edge Detector | 63 |
| 4.2.2.5 | Circle Hough Transform | 64 |
| 4.2.3 | Proses Pencocokan Citra..... | 65 |
| 4.2.4 | Tahapan Proses Pelacakan dengan Adaptive Particle Filter..... | 66 |
| 4.2.4.1 | Update Bobot Berdasarkan Jarak dan Pergerakan | 67 |
| 4.2.4.2 | Update Bobot Berdasarkan Jarak dari Prediksi Lintasan..... | 70 |
| 4.2.4.3 | Resample | 71 |
| 4.2.4.4 | Update Posisi Baru | 73 |
| 4.2.5 | Koreksi Lintasan | 75 |
| 4.3 | Implementasi Sistem | 76 |
| 4.3.1 | Perancangan Antarmuka Pengguna | 77 |
| 4.3.2 | Pembacaan Video Masukan..... | 77 |
| 4.3.3 | Proses Deteksi Objek Bola | 78 |
| 4.3.4 | Proses Pelacakan Bola | 80 |
| 4.3.5 | Koreksi Lintasan Bola | 82 |
| 4.4 | Desain Eksperimen..... | 83 |
| 4.4.1 | Data Uji Coba | 83 |

| | | |
|---------------------------------|--|-----|
| 4.4.2 | Skenario Eksperimen | 84 |
| 4.4.3 | Evaluasi Eksperimen..... | 89 |
| 4.5 | Hasil Eksperimen | 90 |
| 4.6 | Analisis Hasil Eksperimen | 99 |
| 4.6.1 | Analisis Skenario 1 | 99 |
| 4.6.2 | Analisis Skenario 2 | 101 |
| 4.6.3 | Analisis Skenario 3 | 102 |
| 4.6.4 | Analisis Skenario 4 | 103 |
| 4.6.5 | Analisis Parameter Jenis Video | 105 |
| 4.6.6 | Analisis Parameter Jumlah Partikel | 106 |
| 4.6.7 | Analisis Parameter Radius Sebaran | 106 |
| 4.6.8 | Analisis Parameter Threshold..... | 107 |
| 4.6.9 | Rekapitulasi Analisis | 108 |
| 4.6.10 | Analisa dengan Penelitian Lain | 110 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 111 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 111 |
| 5.2 | Saran | 111 |
| LAMPIRAN..... | | 118 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-----|
| Tabel 1. 1 Studi Litratu Object Tracking..... | 13 |
| Tabel 4. 1 Deskripsi dan Sumber Video | 54 |
| Tabel 4. 2 Cuplikan Data Koordinat Bola dari Video Siaran | 55 |
| Tabel 4. 3 Posisi Pelacakan Objek | 68 |
| Tabel 4. 4 Daftar Video Uji Coba | 83 |
| Tabel 4. 5 Nilai threshold..... | 86 |
| Tabel 4. 6 Uji Coba Eksperimen pada Skenario 1 | 87 |
| Tabel 4. 7 Uji Coba Eksperimen pada Skenario 2 | 87 |
| Tabel 4. 8 Uji Coba Eksperimen pada Skenario 3 | 88 |
| Tabel 4. 9 Uji Coba Eksperimen pada Skenario 4 | 89 |
| Tabel 4. 10 Hasil Uji Coba Terhadap Parameter pada Skenario 1..... | 92 |
| Tabel 4. 11 Hasil Uji Coba Terhadap Parameter pada Skenario 2..... | 94 |
| Tabel 4. 12 Hasil Uji Coba Terhadap Parameter pada Skenario 3..... | 96 |
| Tabel 4. 13 Hasil Uji Coba Terhadap Parameter pada Skenario 4..... | 98 |
| Tabel 4. 18 Hasil Error Paling Rendah pada Setiap Skenario..... | 109 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. 1 Perubahan Bentuk Bola pada Kecepatan Tertentu | 15 |
| Gambar 2. 1 Representasi Citra Berdasarkan Komponen Warna RGB | 20 |
| Gambar 2. 2 Representasi Sinyal pada Video | 21 |
| Gambar 2. 3 Sekuen Frame pada Sebuah Video | 22 |
| Gambar 2. 4 Model Matriks Video pada Pengolahan Video | 22 |
| Gambar 2. 5 Operasi Titik pada Citra Digital | 25 |
| Gambar 2. 6 Operasi Area pada Citra Digital | 25 |
| Gambar 2. 7 Operasi Aras Global | 26 |
| Gambar 2. 8 Level Keabuan yang Memisahkan Dua Intensitas | 28 |
| Gambar 2. 9 Proses Penghalusan Citra untuk Mengurangi Kerumitan Citra | 29 |
| Gambar 2. 10 Grafik Atribut Hue, Saturation dan Value | 33 |
| Gambar 2. 11 Array Akumulator untuk a, b dan r | 35 |
| Gambar 2. 12 Template Histogram Bola | 36 |
| Gambar 2. 13 Algoritma Particle Filter | 39 |
| Gambar 2. 14 Trejectory Fitting | 43 |
| Gambar 2. 15 Algoritma Adaptive Particle Filter | 44 |
| Gambar 2. 16 Interpolasi Linear | 45 |
| Gambar 3. 1 Desain Penelitian Pelacakan Bola pada Video Siaran Bola Tennis ... | 47 |
| Gambar 3. 2 Classic Waterfall (Pressman, 1997) | 51 |
| Gambar 4. 1 Pratinjau Data Video Uji Coba | 54 |
| Gambar 4. 2 Desain Model Adaptive Particle Filter | 56 |
| Gambar 4. 3 Hasil Pemisahan Frame pada Video Testing | 58 |
| Gambar 4. 4 Flowchart Proses Deteksi dengan CHT | 59 |
| Gambar 4. 5 Hasil Pengubahan Model Warna Frame ke HSV | 60 |
| Gambar 4. 6 Hasil Proses Thresholding | 62 |
| Gambar 4. 7 Hasil Proses Dilate | 62 |
| Gambar 4. 8 Hasil Proses Background Substraction | 63 |
| Gambar 4. 9 Hasil Canny Edge Detector | 64 |
| Gambar 4. 10 Hasil dari Circle Hough Transform | 64 |
| Gambar 4. 11 Sampel Citra Bola | 65 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4. 12 Hasil dari Pencocokan Citra..... | 65 |
| Gambar 4. 13 Flowchart Adaptive Particle Filter | 66 |
| Gambar 4. 14 Pergerakan Objek dalam Setiap Frame | 68 |
| Gambar 4. 15 Pseudocode Resampling..... | 72 |
| Gambar 4. 16 Hasil Pelacakan Objek Bola..... | 74 |
| Gambar 4. 17 Hasil dari Koreksi Lintasan..... | 76 |
| Gambar 4. 18 Antarmuka Tracking Bola Tennis | 77 |
| Gambar 4. 19 Kode Program Class CHT..... | 79 |
| Gambar 4. 20 Kode Program Class APF | 80 |
| Gambar 4. 21 Kode Program Koreksi Lintasan | 82 |
| Gambar 4. 22 Desain Eksperimen Pelacakan Bola..... | 84 |
| Gambar 4. 23 Hasil Evaluasi Skenario 1 | 100 |
| Gambar 4. 24 Perbandingan Koordinat Bola pada Skenario 1 | 100 |
| Gambar 4. 25 Hasil Evaluasi Skenario 2 | 101 |
| Gambar 4. 26 Perbandingan Koordinat Bola pada Skenario 2 | 102 |
| Gambar 4. 27 Hasil Evaluasi Skenario 3 | 102 |
| Gambar 4. 28 Perbandingan Koordinat Bola pada Skenario 3 | 103 |
| Gambar 4. 29 Hasil Evaluasi Skenario 4 | 104 |
| Gambar 4. 30 Perbandingan Koordinat Bola pada Skenario 4 | 104 |
| Gambar 4. 31 Rata-Rata Nilai Error Setiap Skenario | 105 |
| Gambar 4. 32 Rata-Rata Nilai Error Jumlah Partikel | 106 |
| Gambar 4. 33. Rata-Rata Nilai Error Radius Sebaran Partikel | 107 |
| Gambar 4. 34 Rata-Rata Nilai Error Nilai Threshold | 108 |