

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| Halaman Judul | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| Halaman Pernyataan | iv |
| Halaman Persembahan | v |
| INTISARI | xvii |
| I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Metodologi Penelitian | 4 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 5 |
| II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Metode Generatif | 7 |
| 2.2 Metode Diskriminatif | 8 |
| 2.3 AIFR dengan CNN | 9 |
| III DASAR TEORI | 12 |
| 3.1 <i>Computer Vision</i> | 12 |
| 3.1.1 Akuisisi Citra | 12 |
| 3.1.2 Pengolahan Citra | 12 |
| 3.1.3 Prapemrosesan | 13 |
| 3.1.4 Segmentasi Citra | 14 |
| 3.1.5 <i>Grayscale</i> | 14 |
| 3.1.6 RGB | 15 |
| 3.2 Face Detection | 15 |
| 3.2.1 Algoritma Viola-Jones | 16 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.3 | <i>Facial Landmark</i> | 17 |
| 3.4 | <i>Face Alignment</i> | 18 |
| 3.5 | Periocular Area | 18 |
| 3.6 | Ekstraksi Ciri | 18 |
| 3.6.1 | <i>Local Binary Pattern (LBP)</i> | 19 |
| 3.7 | <i>Convolutional Neural Network</i> | 21 |
| 3.7.1 | Lapisan <i>Convolutional</i> | 21 |
| 3.7.2 | Lapisan <i>Pooling</i> | 22 |
| 3.7.3 | Lapisan Fully-Connected | 22 |
| 3.8 | <i>Learning Rate</i> | 22 |
| 3.9 | Fungsi Aktivasi | 23 |
| 3.10 | <i>Loss Function</i> | 24 |
| 3.11 | Klasifikasi Objek | 24 |
| 3.11.1 | <i>Support Vector Machine (SVM)</i> | 25 |
| 3.12 | Pengenalan | 29 |
| 3.12.1 | <i>Age Invariant Face Recognition (AIFR)</i> | 29 |
| 3.13 | K-Fold Cross-Validation | 29 |
| 3.14 | Evaluasi | 30 |
| IV | Metodologi Penelitian | 32 |
| 4.1 | Gambaran Umum Penelitian | 32 |
| 4.2 | Alat dan Bahan | 34 |
| 4.3 | Tahapan Penelitian | 34 |
| 4.3.1 | Pengumpulan Dataset | 34 |
| 4.3.2 | Perancangan Sistem | 37 |
| 4.4 | Langkah-Langkah Penelitian | 38 |
| 4.4.1 | Deteksi Wajah | 38 |
| 4.4.2 | <i>Face Alignment</i> | 38 |
| 4.4.3 | Deteksi Area <i>Periocular</i> | 38 |
| 4.4.4 | Deteksi Area Wajah Bagian Bawah | 39 |
| 4.4.5 | Data Augmentasi | 40 |
| 4.4.6 | Skenario Langkah-Langkah Prapemrosesan Citra | 40 |
| 4.4.7 | <i>Convolutional Neural Network</i> | 45 |
| 4.4.8 | Pelatihan dan Validasi | 46 |
| 4.4.9 | Pengujian | 47 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.5 | Rancangan Pengujian | 47 |
| 4.5.1 | Pengujian Parameter | 47 |
| 4.5.2 | Proses Pelatihan dan Validasi | 48 |
| 4.5.3 | Evaluasi | 50 |
| V | Implementasi | 52 |
| 5.1 | Meng- <i>import</i> pustaka | 52 |
| 5.2 | Memuat Data dan Normalisasi Data | 53 |
| 5.3 | Prapemrosesan | 56 |
| 5.3.1 | <i>Face Alignment</i> | 56 |
| 5.3.2 | <i>Grayscale</i> | 57 |
| 5.3.3 | <i>Image Enhancement</i> | 57 |
| 5.3.4 | <i>Local Binary Pattern</i> | 58 |
| 5.3.5 | Pembagian <i>patch</i> wajah | 60 |
| 5.4 | Fitur Ekstraksi | 62 |
| 5.4.1 | Pengambilan Fitur | 63 |
| 5.5 | Klasifikasi | 64 |
| VI | Hasil dan Pembahasan | 66 |
| 6.1 | Hasil Prapemrosesan Dataset FG-NET | 66 |
| 6.1.1 | Contoh Hasil <i>Face-Alignment</i> | 66 |
| 6.1.2 | Segmentasi Wajah dan Pembagian <i>Patch</i> Wajah | 67 |
| 6.1.3 | <i>Grayscale, Image Enhancement, dan Citra LBP</i> | 68 |
| 6.2 | Hasil Ekstraksi Fitur | 68 |
| 6.2.1 | Analisis Hasil Ekstraksi Fitur dengan Citra RGB | 70 |
| 6.2.2 | Analisis Hasil Ekstraksi Fitur dengan Citra <i>Blurred RGB</i> | 72 |
| 6.2.3 | Analisis Hasil Ekstraksi Fitur dengan Citra <i>Sharpened RGB</i> | 74 |
| 6.2.4 | Analisis Hasil Ekstraksi Fitur dengan Citra <i>Grayscale</i> | 75 |
| 6.2.5 | Analisis Hasil Ekstraksi Fitur dengan Citra <i>Blurred Grayscale</i> | 77 |
| 6.2.6 | Analisis Hasil Ekstraksi Fitur dengan Citra <i>Sharpened Grayscale</i> | 78 |
| 6.2.7 | Analisis Hasil Ekstraksi Fitur dengan Citra <i>LBP</i> | 80 |
| 6.3 | Analisis Pengaruh Augmentasi Data | 82 |
| 6.3.1 | Input Citra RGB | 82 |
| 6.3.2 | Input Citra <i>Grayscale</i> | 83 |
| 6.3.3 | Input Citra LBP | 83 |

| | | |
|--------------------|---|------------|
| 6.4 | Hasil Pengenalan Wajah | 84 |
| 6.4.1 | Analisis Hasil Pengenalan Wajah dengan Citra RGB | 85 |
| 6.4.2 | Analisis Hasil Pengenalan Wajah dengan Citra <i>Blurred</i> RGB | 89 |
| 6.4.3 | Analisis Hasil Pengenalan Wajah dengan Citra <i>Sharpened</i> RGB | 92 |
| 6.4.4 | Analisis Hasil Pengenalan Wajah dengan Citra <i>Grayscale</i> | 94 |
| 6.4.5 | Analisis Hasil Pengenalan Wajah dengan Citra <i>Blurred Grayscale</i> | 97 |
| 6.4.6 | Analisis Hasil Pengenalan Wajah dengan Citra <i>Sharpened Grayscale</i> | 99 |
| 6.4.7 | <i>Confussion Matrix</i> | 102 |
| 6.4.8 | Analisis Pengaruh Kernel Pada SVM | 102 |
| 6.5 | Hasil Prapemrosesan Dataset Pribadi | 103 |
| 6.5.1 | Contoh Hasil <i>Face-Alignment</i> | 103 |
| 6.5.2 | Segmentasi Wajah dan Pembagian <i>Patch</i> Wajah | 103 |
| 6.5.3 | Analisis Hasil Pengenalan | 104 |
| VII Penutup | | 106 |
| 7.1 | Kesimpulan | 106 |
| 7.2 | Saran | 106 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------|---|-----|
| 2.1 | Perbandingan Tinjauan Pustaka Metode Generatif | 8 |
| 2.2 | Perbandingan Tinjauan Pustaka Metode Diskriminatif | 9 |
| 2.3 | Perbandingan Tinjauan Pustaka Metode Diskriminatif dengan CNN | 11 |
| 3.1 | Kernel SVM | 28 |
| 3.2 | Confusion Matrix | 31 |
| 6.1 | Ilustrasi Fitur Hasil Ekstraksi | 69 |
| 6.2 | Hasil Pembelajaran Ekstraksi CNN dengan Input RGB dan <i>Grayscale</i> Dataset FG-Net | 69 |
| 6.3 | Hasil Pembelajaran Ekstraksi Fitur CNN Input LBP Dataset FG-Net | 81 |
| 6.4 | Perbandingan Hasil Pembelajaran CNN Input RGB dan Input <i>Grayscale</i> dengan dan Tanpa Augmentasi Dataset FG-Net | 83 |
| 6.5 | Perbandingan Hasil Pembelajaran CNN Input LBP Dengan dan Tanpa Augmentasi Dataset FG-Net | 84 |
| 6.6 | Hasil Rata-Rata 5-Fold Cross Validation dan Data Test Dataset FG-Net | 85 |
| 6.7 | Hasil Evaluasi Input Citra RGB | 86 |
| 6.8 | Hasil Evaluasi Input Citra RGB Area Periocular | 87 |
| 6.9 | Hasil Evaluasi Input Citra RGB Area Wajah Bagian Bawah | 88 |
| 6.10 | Hasil Evaluasi Input Citra RGB ter- <i>blurring</i> | 89 |
| 6.11 | Hasil Evaluasi Input Area <i>Periocular</i> Citra RGB ter- <i>blurring</i> | 90 |
| 6.12 | Hasil Evaluasi Input Citra Area Wajah Bagian Bawah RGB ter- <i>blurring</i> | 91 |
| 6.13 | Hasil Evaluasi Input Citra Area <i>Periocular</i> RGB ter- <i>Sharpening</i> | 92 |
| 6.14 | Hasil Evaluasi Input Citra Area <i>Periocular</i> ter- <i>Sharpening</i> | 93 |
| 6.15 | Hasil Evaluasi Input Citra Area Wajah Bagian Bawah ter- <i>Sharpening</i> | 94 |
| 6.16 | Hasil Evaluasi Input Citra Grayscale Area Periocular | 95 |
| 6.17 | Hasil Evaluasi Input Citra Grayscale Area Wajah Bagian Bawah | 96 |
| 6.18 | Hasil Evaluasi Input Citra Grayscale Seluruh Wajah ter- <i>Blurring</i> | 97 |
| 6.19 | Hasil Evaluasi Input Citra Grayscale Area <i>Periocular</i> ter- <i>Blurring</i> | 98 |
| 6.20 | Hasil Evaluasi Input Citra Grayscale Area Wajah Bagian Bawah ter- <i>Blurring</i> | 99 |
| 6.21 | Hasil Evaluasi Input Citra Grayscale Area Seluruh Wajah ter- <i>Sharpening</i> | 100 |
| 6.22 | Hasil Evaluasi Input Citra Grayscale Area Periocular ter- <i>Sharpening</i> | 100 |
| 6.23 | Perbandingan Jenis Kernel SVM Evaluasi Dataset FG-Net | 103 |

| | |
|--|-----|
| 6.24 Hasil Evaluasi Pada Dataset Pribadi | 105 |
|--|-----|

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------|--|----|
| 3.1 | Metode Computer Vision | 12 |
| 3.2 | Segmentasi Objek Wajah (Aaron S. Jackson, 2016) | 14 |
| 3.3 | (a) Citra RGB, (b) Citra Grayscale, (c) Citra Biner | 15 |
| 3.4 | Contoh template fitur Viola-Jones (Viola, P.Jones, 2001) | 16 |
| 3.5 | Perhitungan <i>summed area</i> Viola Jones (Viola, P.Jones, 2001) | 16 |
| 3.6 | Ilustrasi Perhitungan Integral <i>Image</i> Viola-Jones (Viola, P.Jones, 2001) | 17 |
| 3.7 | Facial Landmark (Zhang, 2014) | 17 |
| 3.8 | Area Periocular (Felix et al, 2011) | 18 |
| 3.9 | Contoh Perhitungan LBP 3x3 | 19 |
| 3.10 | Contoh Perhitungan nilai LBP pada <i>center</i> piksel | 20 |
| 3.11 | Extended LBP (Ojala et al, 2002 | 21 |
| 3.12 | Proses Konvolusi pada Lapisan Convolutional | 22 |
| 3.13 | Operasi <i>Pooling</i> (Huang dkk., 2015) | 22 |
| 3.14 | Arsitektur CNN (Chen et al., 2017) | 23 |
| 3.15 | Ilustrasi SVM (Prasetyo, 2014) | 25 |
| 3.16 | ilustrasi Kernel Trick (Prasetyo, 2014) | 28 |
| 4.1 | Langkah-Langkah Penelitian | 33 |
| 4.2 | Distribusi Usia Pada Dataset FG-Net | 35 |
| 4.3 | Sample Dataset FG-Net | 36 |
| 4.4 | Sample Dataset Privat | 37 |
| 4.5 | Rancangan Sistem | 37 |
| 4.6 | (a) Original Image, (b) Hasil Deteksi Wajah, (c) Hasil Cropping | 38 |
| 4.7 | (a) Hasil cropping tanpa face alignment, (b) Hasil face alignment | 39 |
| 4.8 | (a) Original Image, (b) Hasil Deteksi Pericolar | 39 |
| 4.9 | Hasil Deteksi Wajah Bagian Bawah | 40 |
| 4.10 | (a) Original Image, (b) Hasil augmentasi | 40 |
| 4.11 | Skenario Langkah-Langkah Prapemrosesan Citra RGB | 41 |
| 4.11 | Skenario Langkah-Langkah Prapemrosesan Citra RGB | 42 |
| 4.12 | Skenario Langkah-Langkah Prapemrosesan Citra <i>Grayscale</i> | 42 |
| 4.12 | Skenario Langkah-Langkah Prapemrosesan Citra <i>Grayscale</i> | 43 |
| 4.13 | Skenario Langkah-Langkah Prapemrosesan Citra <i>Local Binary Pattern</i> | 43 |
| 4.14 | (a) original, (b) grayscale | 44 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.15 | (a) RGB Blur, (b) Grayscale Blur, (c) RGB Sharp, (d) Grayscale Sharp | 44 |
| 4.16 | Hasil Citra LBP | 45 |
| 4.17 | Hasil Normalisasi | 45 |
| 4.18 | layer CNN | 46 |
| 4.19 | Arsitektur CNN (Mrudula, Nimbarte., 2018) | 47 |
| 4.20 | (a) RGB;(b) RGB Sharp;(c) RGB Blur;(d) Grayscale;(e) Grayscale Sharp;(f) Grayscale Blur;(g) LBP | 48 |
| 4.21 | Contoh Hasil Output Pada Konvolusi Lapisan Pertama | 49 |
| 4.22 | Contoh Hasil Output Pada Lapisan <i>Max Pooling</i> | 49 |
| 4.23 | Contoh Hasil Output Pada Lapisan 2 Konvolusi | 49 |
| 4.24 | Contoh Hasil Output Pada Lapisan 2 <i>Max Pooling</i> | 50 |
| 6.1 | Contoh Data Dengan Oklusi | 66 |
| 6.2 | (a) Data Gagal ter-align, (b) Contoh Hasil Data ter-align | 67 |
| 6.3 | Contoh Hasil Segmentasi dan <i>Patch</i> Wajah | 67 |
| 6.4 | Contoh Dataset Hasil Prapemrosesan : (a) Original, (b) <i>Grayscale, Blurred, Sharpened</i> dan (c) LBP | 68 |
| 6.5 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra RGB Set Seluruh Wajah | 70 |
| 6.6 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra RGB Set Periocular | 71 |
| 6.7 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra RGB Set Wajah Bagian Bawah | 71 |
| 6.8 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Blurred</i> RGB Set Seluruh Wajah | 72 |
| 6.9 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Blurred</i> RGB Set Area Periocular | 73 |
| 6.10 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Blurred</i> RGB Set Area Wajah Bagian Bawah | 73 |
| 6.11 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Sharped</i> RGB Set Seluruh Wajah | 74 |
| 6.12 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Sharped</i> RGB Set Area Periocular | 75 |
| 6.13 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Blurred</i> RGB Set Area Wajah Bagian Bawah | 75 |

| | | |
|------|--|----|
| 6.14 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Grayscale</i> Set Seluruh Wajah | 76 |
| 6.15 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Grayscale</i> Set Periocular | 76 |
| 6.16 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Grayscale</i> Set Wajah Bagian Bawah | 77 |
| 6.17 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Blurred Grayscale</i> Set Seluruh Wajah | 78 |
| 6.18 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Blurred Grayscale</i> Set Area Wajah Bagian Bawah | 78 |
| 6.19 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Sharped Grayscale</i> Set Seluruh Wajah | 79 |
| 6.20 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Sharped Grayscale</i> Set Area Periocular | 79 |
| 6.21 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra <i>Grayscale</i> Set Area Wajah Bagian Bawah | 80 |
| 6.22 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra LBP (1,8) Set Seluruh Wajah | 81 |
| 6.23 | Grafik Akurasi Training Ekstraksi Fitur dan <i>Loss Function</i> pada Citra LBP (1,8) Set Seluruh Wajah | 82 |
| 6.24 | Perbandingan Hasil Pembelajaran Fitur dengan dan Tanpa Augmentasi | 84 |
| 6.25 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB | 86 |
| 6.26 | Contoh Hasil Prediksi Benar Pada Input Citra RGB | 86 |
| 6.27 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB Set Data Area <i>Periocuar</i> | 87 |
| 6.28 | Contoh Hasil Prediksi Benar Pada Input Citra RGB Set Data Area <i>Periocuar</i> | 88 |
| 6.29 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB Set Data Area Bagian Bawah Wajah | 88 |
| 6.30 | Contoh Hasil Prediksi Benar Pada Input Citra RGB Set Data Area Bagian Bawah Wajah | 89 |
| 6.31 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB ter- <i>bkurring</i> | 90 |
| 6.32 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB ter- <i>blurring</i> | 90 |
| 6.33 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB ter- <i>blurring</i> | 91 |
| 6.34 | Contoh Hasil Prediksi Benar Pada Input Citra RGB ter- <i>blurring</i> | 91 |

| | | |
|------|---|-----|
| 6.35 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB ter- <i>sharpening</i> . . . | 92 |
| 6.36 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB Area <i>Periocular</i> ter- <i>sharpening</i> | 93 |
| 6.37 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra RGB Area Bagian Bawah Wajah ter- <i>sharpening</i> | 94 |
| 6.38 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra <i>Grayscale</i> Area Seluruh Wajah | 95 |
| 6.39 | Contoh Hasil Prediksi Benar Pada Input Citra <i>Grayscale</i> Area Seluruh Wajah | 95 |
| 6.40 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra <i>Grayscale</i> Area <i>Periocular</i> | 96 |
| 6.41 | Contoh Hasil Prediksi Benar Pada Input Citra <i>Grayscale</i> Area Seluruh Wajah | 96 |
| 6.42 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra <i>Grayscale</i> Area Wajah Bagian Bawah | 97 |
| 6.43 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra <i>Grayscale</i> Area <i>Periocular</i> | 98 |
| 6.44 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra <i>Grayscale</i> Area <i>Periocular</i> | 98 |
| 6.45 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra <i>Grayscale</i> Area <i>Periocular</i> | 99 |
| 6.46 | Contoh Hasil Prediksi Salah Pada Input Citra <i>Sharped Grayscale</i> Area Seluruh Wajah | 100 |
| 6.47 | Contoh Hasil Prediksi Benar Pada Input Citra <i>Sharped Grayscale</i> Area <i>Periocular</i> | 101 |
| 6.48 | Grafik Pengaruh Ukuran Citra | 101 |
| 6.49 | Contoh Hasil <i>Confussion Matrix</i> Data Validasi dengan Model Input <i>Sharped</i> RGB Set Data Area <i>Periocular</i> | 102 |
| 6.50 | Contoh Hasil Data pada Dataset Privat ter- <i>aligned</i> | 104 |
| 6.51 | Contoh Hasil Segmentasi dan Area <i>Periocular</i> Pada Dataset Privat . . . | 104 |
| 6.52 | Contoh Hasil Prediksi Salah | 105 |
| 6.53 | Contoh Hasil Prediksi Benar | 105 |