UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Ekstraksi Ciri Citra Sidik Jari untuk Sistem Identifikasi Biometrik**
Charlenne Brigitta Soputan, Prof. Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M.Sc., IPM.; Ir. Agus Bejo, S.T., M.Eng., D.Eng., IPM.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... iii
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... iv
KATA PENGANTAR ..... vi
DAFTAR ISI ..... vii
DAFTAR TABEL ..... xi
DAFTAR GAMBAR ..... xii
DAFTAR SINGKATAN ..... xiii
INTISARI ..... xiv
ABSTRACT ..... xv
BAB I Pendahuluan ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 3
1.3 Tujuan Penelitian ..... 3
1.4 Batasan Penelitian ..... 3
1.5 Manfaat Penelitian ..... 4
1.6 Sistematika Penulisan ..... 4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori ..... 6
2.1 Tinjauan Pustaka ..... 6
2.1.1 Perbandingan Kedua Artikel Acuan ..... 9
2.2 Dasar Teori ..... 11
2.2.1 Biometrik dan Sistem Identifikasi ..... 11
2.2.2 Anatomi dan Karakteristik Sidik Jari ..... 13
2.2.3 Sensor Sidik Jari ..... 14
2.2.4 Metode Ekstraksi Ciri Berbasis *Minutiae* ..... 15
2.2.4.1 Estimasi Medan Orientasi ..... 15
2.2.4.2 *Certainty Level* dan Segmentasi ..... 17
2.2.4.3 *Consistency Level* dan Estimasi Hierarkis ..... 18
2.2.4.4 Deteksi Guratan dengan Sepasang *Mask* ..... 19
2.2.4.5 Penipisan Rangka ..... 22
2.2.4.6 Penghalusan Rangka ..... 22
2.2.4.7 Deteksi *Minutiae* ..... 23
2.2.4.8 Arah *Minutiae* dan Guratan ..... 25
2.2.4.9 Penyelarasan Dua Himpunan *Minutiae* ..... 26
2.2.4.10 Pencocokan ..... 28
2.2.4.11 Skor Kecocokan ..... 30

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Ekstraksi Ciri Citra Sidik Jari untuk Sistem Identifikasi Biometrik**
Charlenne Brigitta Soputan, Prof. Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M.Sc., IPM.; Ir. Agus Bejo, S.T., M.Eng., D.Eng., IPM.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


2.2.5 Metode Ekstraksi Ciri Berbasis Tekstur ..... 31
2.2.5.1 Penentuan Titik Acuan ..... 31
2.2.5.2 Teselasi Melingkar ..... 32
2.2.5.3 Normalisasi Tiap Sektor ..... 33
2.2.5.4 Bank Filter Gabor ..... 34
2.2.5.5 Vektor Ciri *FingerCode* ..... 35
2.2.5.6 Pencocokan dan Kekebalan terhadap Perputaran ..... 37
2.2.6 Metrik Evaluasi ..... 39
2.2.6.1 FMR dan FNMR ..... 39
2.2.6.2 *Equal Error Rate* ..... 40
2.2.6.3 Titik Operasi Protokol FVC ..... 41
2.2.6.4 Kurva ROC dan Luas di Bawahnya ..... 41
2.2.6.5 Akurasi *Rank*-1 dan Kurva CMC ..... 42
2.2.6.6 Indeks Daya Pisah ..... 42
2.2.7 Analisis Perbandingan Metode ..... 43
BAB III Metode Penelitian ..... 46
3.1 Alat dan Bahan Tugas Akhir ..... 46
3.1.1 Alat Tugas Akhir ..... 46
3.1.1.1 Sensor Sidik Jari AS608 ..... 46
3.1.1.2 Modul Konverter FT232RL ..... 47
3.1.1.3 Perangkat Komputasi ..... 48
3.1.1.4 Perangkat Lunak ..... 49
3.1.2 Bahan Tugas Akhir ..... 50
3.2 Metode yang Digunakan ..... 53
3.3 Tahapan Pelaksanaan ..... 54
3.3.1 Tahapan Akuisisi Citra ..... 55
3.3.2 Tahapan Metode *Minutiae* ..... 56
3.3.2.1 Estimasi Medan Orientasi dan Segmentasi ..... 58
3.3.2.2 Penghalusan Medan Orientasi ..... 58
3.3.2.3 Deteksi Guratan dengan Sepasang *Mask* ..... 58
3.3.2.4 Penipisan dan Penghalusan Rangka ..... 59
3.3.2.5 Deteksi dan Penyaringan *Minutiae* ..... 59
3.3.2.6 Arah *Minutiae* dan Guratan Pendamping ..... 60
3.3.2.7 Penyelarasan dan Pencocokan String Elastis ..... 60
3.3.3 Tahapan Metode Tekstur ..... 61
3.3.3.1 Penentuan Titik Acuan ..... 62
3.3.3.2 Teselasi dan Normalisasi Sektor ..... 63
3.3.3.3 Bank Filter Gabor dan Vektor *FingerCode* ..... 63
3.3.3.4 Pencocokan *FingerCode* ..... 64

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Ekstraksi Ciri Citra Sidik Jari untuk Sistem Identifikasi Biometrik**
Charlenne Brigitta Soputan, Prof. Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M.Sc., IPM.; Ir. Agus Bejo, S.T., M.Eng., D.Eng., IPM.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


3.3.4 Tahapan Evaluasi Performa ..... 65
3.3.4.1 Pengukuran Tingkat Perbandingan ..... 65
3.3.4.2 Pengukuran Tingkat Identifikasi ..... 65
3.4 Pemetaan Tahapan terhadap Berkas Program ..... 65
3.5 Parameter dan Asal-usulnya ..... 66
3.6 Penyimpangan terhadap Artikel Acuan ..... 68
3.7 Etika, Masalah, dan Keterbatasan Penelitian ..... 70
3.7.1 Etika ..... 70
3.7.2 Masalah yang Dihadapi ..... 70
3.7.3 Keterbatasan Penelitian ..... 70
BAB IV Hasil dan Pembahasan ..... 72
4.1 Hasil Akuisisi Citra ..... 72
4.2 Hasil Metode *Minutiae* ..... 73
4.2.1 Hasil Deteksi Guratan dengan Sepasang *Mask* ..... 74
4.2.2 Hasil Penipisan dan Penghalusan Rangka ..... 75
4.2.3 Hasil Deteksi dan Penyaringan *Minutiae* ..... 75
4.2.4 Hasil Penyelarasan dan Pencocokan String Elastis ..... 76
4.2.5 Hasil Perhitungan Skor Kecocokan ..... 77
4.3 Hasil Metode Tekstur ..... 79
4.3.1 Hasil Penentuan Titik Acuan ..... 80
4.3.2 Hasil Teselasi dan Normalisasi Sektor ..... 80
4.3.3 Hasil Bank Filter Gabor dan Vektor *FingerCode* ..... 80
4.3.4 Hasil Pencocokan *FingerCode* ..... 81
4.3.5 Hasil Perhitungan Skor Kecocokan ..... 82
4.4 Hasil Evaluasi Performa ..... 84
4.4.1 Perbandingan Watak Kedua Ciri ..... 85
4.4.2 Hasil Pengukuran Tingkat Perbandingan ..... 87
4.4.2.1 Indeks Daya Pisah ..... 87
4.4.2.2 Pengukuran FMR, FNMR, dan Titik EER ..... 87
4.4.2.3 Titik Operasi Protokol FVC ..... 89
4.4.2.4 Perbandingan Kurva ROC ..... 90
4.4.3 Hasil Pengukuran Tingkat Identifikasi ..... 92
4.4.3.1 Akurasi Identifikasi *Rank*-1 ..... 92
4.4.3.2 Kurva CMC ..... 93
4.4.3.3 Sebaran Kegagalan per Subjek ..... 94
4.5 Analisis Penyebab Perbedaan Performa ..... 95
4.6 Pembahasan Hasil Keseluruhan ..... 97
4.7 Posisi Hasil terhadap Artikel Acuan ..... 98
BAB V Kesimpulan dan Saran ..... 102

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Ekstraksi Ciri Citra Sidik Jari untuk Sistem Identifikasi Biometrik**
Charlenne Brigitta Soputan, Prof. Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M.Sc., IPM.; Ir. Agus Bejo, S.T., M.Eng., D.Eng., IPM.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


5.1 Kesimpulan ..... 102
5.2 Saran ..... 102
DAFTAR PUSTAKA ..... 104
LAMPIRAN ..... L-1
L.1 Hasil Identifikasi *rank*-1 per Citra Uji ..... L-1
L.1.1 Metode *Minutiae* ..... L-1
L.1.2 Metode Tekstur ..... L-3
L.2 Rekapitulasi Pengukuran per Citra ..... L-5
L.3 Sapuan Ambang Penuh Kedua Metode ..... L-9
L.4 Kode Program ..... L-14
L.4.1 Parameter dan Fungsi Bersama (`config.py`) ..... L-14
L.4.2 Akuisisi Citra dari Sensor (`bagian1.py`) ..... L-43
L.4.3 Ekstraksi Ciri Minutiae (`bagian2.py`) ..... L-49
L.4.4 Ekstraksi Ciri Tekstur (`bagian2_gabor.py`) ..... L-53
L.4.5 Pencocokan Minutiae (`bagian3.py`) ..... L-58
L.4.6 Pencocokan Tekstur (`bagian3_gabor.py`) ..... L-66
L.4.7 Visualisasi Jalur Minutiae (`bagian4.py`) ..... L-72
L.4.8 Visualisasi Jalur Tekstur (`bagian4_gabor.py`) ..... L-79
L.4.9 Evaluasi Unjuk Kerja (`evaluasi.py`) ..... L-86