



DISERTASI TE 09 30099
**KLASIFIKASI DISTORSI AKUISISI CITRA SIDIK JARI
BERBASIS MULTI FITUR MENGGUNAKAN METODE
*SUPPORT VECTOR MACHINE***

RAHMAT SYAM
2207301011

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D.
Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D.

PROGRAM DOKTOR
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2012



DISSERTATION TE 09 30099

CLASSIFICATION FOR DISTORTION ACQUISITION ON FINGERPRINT IMAGES BASED-ON MULTIPLE FEATURES USING SUPPORT VECTOR MACHINE

RAHMAT SYAM
2207301011

SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng
Mochamad Hariadi, ST., M.Sc, Ph.D

DOCTORAL PROGRAMS
JOB SKILL OF MULTIMEDIA ARTIFICIAL INTELLIGENT
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
TECHNOLOGY INDUSTRY FACULTY
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2012

LEMBAR PENGESAHAN

Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Berbasis Multi Fitur Menggunakan Metode *Support Vector Machine*

Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Doktor (Dr.)
di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :
Rahmat Syam
NRP. 2207 301 011

Tanggal Ujian: 18 April 2012
Periode Wisuda: Semester Genap 2011/2012

Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D
NIP. 19580916 198601 1 001



(Pembimbing)

Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D
NIP. 19691209 199703 1 002



(Co-Pembimbing)

Prof. Dr. Ir. Tati Latifah Erawati Rajab Mengko
NIP. 19531004 197802 2 001



(Penguji I)

Dr. Ir. Wirawan, DEA
NIP. 19631109 198903 1 011




(Penguji II)

I Ketut Eddy Purnama, ST., MT., Ph.D
NIP. 19690730 199512 1 001



(Penguji III)

Mengetahui,
Direktur Program Pascasarjana ITS,


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 19640405 199002 1 001

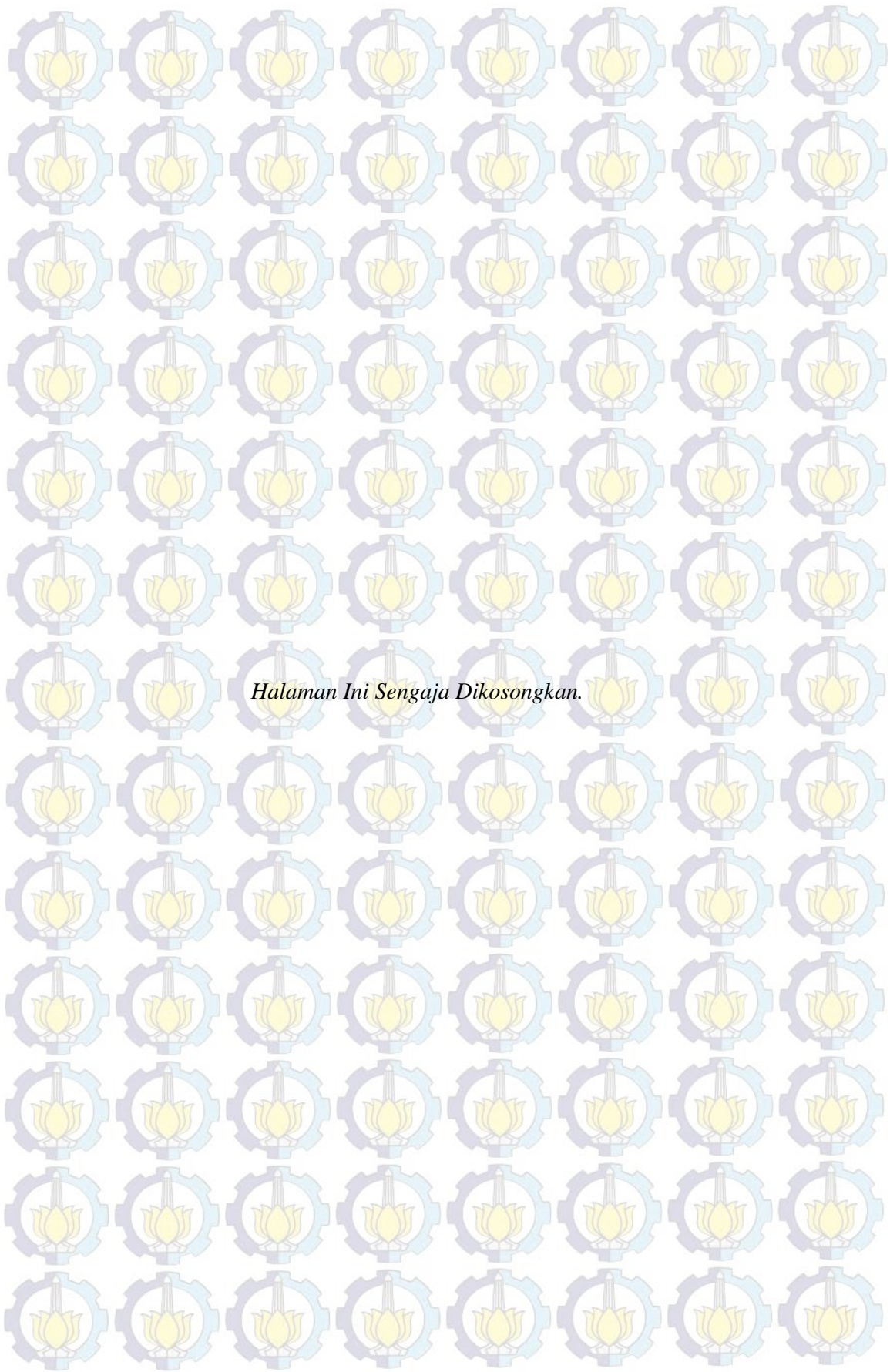


DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian Disertasi	v
Abstrak	vii
Abstract	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xxi
Daftar Notasi	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah	4
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
1.4. Kontribusi Penelitian	5
1.5. Susunan Penulisan Disertasi	6
1.6. Dukungan Grup Riset	7
BAB 2 KAJIAN TERKAIT	9
2.1. Definisi Citra Digital.....	10
2.2. Sidik Jari.....	11
2.3. Akuisisi Citra Sidik Jari.....	11
2.4. Binerisasi	12
2.5. Segmentasi Citra Sidik Jari.....	13
2.5.1. Segmentasi Citra Sidik Jari Berbasis Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra Sidik Jari	15
2.5.2. Segmentasi Citra Sidik Jari Berbasis Standar Deviasi Global Citra Sidik Jari	16

	Halaman
2.5.3. Segmentasi Adaptif Citra Sidik Jari Berbasis Rata-rata Intensitas Keabuan Lokal Citra Sidik Jari	18
2.5.4. Segmentasi Adaptif Citra Sidik Jari Berbasis Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari	20
2.5.5. Segmentasi Citra Sidik Jari dengan <i>Fixed Threshold</i>	21
2.6. Pembagian Blok Citra Sidik Jari.....	23
2.7. Klasifikasi Citra Sidik Jari.....	23
2.7.1. <i>Minutiae</i>	26
2.7.2. <i>Minutiae Matching</i>	28
2.8. Metode Klasifikasi Support Vector Machine (SVM)	30
2.8.1. SVM Multi <i>Class</i>	34
2.8.1.1. <i>One-Against-All</i>	35
2.8.1.2. <i>One-Against-One</i>	36
2.8.1.3. <i>Directed Acyclic Graph Support Vector Machine</i> (DAGSVM)	38
2.8.2. <i>One Class SVM</i>	39
2.9. Sistem Biometrik	41
BAB 3 POHON PENELITIAN DAN EKSTRAKSI FITUR CITRA SIDIK JARI	49
3.1. Pohon Penelitian	49
3.2. Posisi Penelitian dalam Disertasi	50
3.3. Data yang Digunakan dalam Penelitian	52
3.4. Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari	52
3.4.1. Ekstraksi Fitur Rata-rata Intensitas Lokal Citra Sidik Jari	53
3.4.2. Ekstraksi Fitur Nilai Varians Lokal Citra Sidik Jari	55
3.4.3. Ekstraksi Fitur Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari	57
3.4.4. Ekstraksi Fitur Nilai Koherensi Lokal Citra Sidik Jari	58
3.4.5. Ekstraksi Fitur Skor Kejelasan <i>Ridge-Valley</i> Citra Sidik Jari	59
3.4.6. Ekstraksi Fitur Rasio Ketebalan <i>Ridge-Valley</i> Citra Sidik Jari	64
3.5. Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari	65
BAB 4 PARAMETER NILAI STANDAR DISTORSI AKUISISI CITRA SIDIK JARI	73
4.1. Kualitas Citra Sidik Jari	73

	Halaman
4.2. Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari	74
4.3. Penentuan Standar Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari ..	75
BAB 5 KLASIFIKASI JENIS DISTORSI AKUSISI CITRA SIDIK JARI ..	89
5.1. Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode <i>Support Vector Machine</i>	89
5.2. Analisis dan Evaluasi Unjuk Kerja	96
5.3. Hasil Penelitian Grup Riset yang Mendukung Penelitian Ini	99
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	101
6.1. Kesimpulan	101
6.2. Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	103
Lampiran 1 Biodata Penulis	
Lampiran 2 Paper yang Telah Dipublikasi	
Lampiran 3 Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari	
Lampiran 4 Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari	
Lampiran 5 Grafik Fitur Hasil Uji Hyperplane dan Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM	



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan.

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Contoh 4 SVM Biner dengan Metode <i>One-Against-All</i>	35
Tabel 2.2. Contoh 6 SVM Biner dengan Metode <i>One-Against-One</i>	37
Tabel 2.3. Contoh 6 SVM Biner dengan Metode DAGSVM.....	38
Tabel 2.4. Aplikasi Biometrik pada Forensik, Sipil dan Komersial	43
Tabel 3.1. Perbandingan Penelitian Terdahulu Terhadap Penelitian yang Dilakukan dalam Disertasi	50
Tabel 3.2. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Kering.....	66
Tabel 3.3. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Netral.....	67
Tabel 3.4. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Berminyak ..	68
Tabel 4. 1. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Global Citra	77
Tabel 4.2. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Intensitas Rata-rata Global Citra	79
Tabel 4.3. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Global Citra	80
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Standar Deviasi Global Citra	81
Tabel 4.5. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Standar Deviasi Global Citra	82
Tabel 4.6. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Standar Deviasi Global Citra	82

	Halaman
Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra.....	83
Tabel 4.8. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra.....	83
Tabel 4.9. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra	84
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Standar Deviasi Lokal Citra	85
Tabel 4.11. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Standar Deviasi Lokal Citra	85
Tabel 4.12. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Standar Deviasi Lokal Citra	86
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan Threshold 160.....	87
Tabel 4.14. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan Threshold 160.....	88
Tabel 4.15 Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan Threshold 160	88
Tabel 5.1. Uji Klasifikasi Jenis Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Parameter Kualitas Citra Menggunakan SVM <i>Multi-class Classifier</i>	91
Tabel 5.2. Hasil Uji Hyperplane SVM dengan Berbagai Threshold	92
Tabel 5.2. Hasil Evaluasi Unjuk Kerja Sistem	92
Tabel 5.3. Hasil Penelitian Grup Riset yang Mendukung Penelitian Ini	100

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1.	<i>Ridge</i> dan <i>Valley</i> pada Sidik Jari	11
Gambar 2.2.	Proses Akuisisi Citra Sidik Jari	12
Gambar 2.3.	(a) Citra Keabuan (b) Citra Biner	13
Gambar 2.4.	Proses Segmentasi Citra Sidik Jari	14
Gambar 2.5.	Citra Sidik Jari yang Dihasilkan Ketika Proses Segmentasi (a) Citra Input (b) Hasil Binerisasi (c) ROI (d) Hasil Segmentasi	14
Gambar 2.6.	Proses Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra Sidik Jari	16
Gambar 2.7.	Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra Sidik Jari (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi	16
Gambar 2.8.	Proses Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Global Citra Sidik Jari	17
Gambar 2.9.	Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Global Citra Sidik Jari (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi	17
Gambar 2.10.	Proses Segmentasi Adaptif Citra Sidik Jari Berdasarkan Rata-rata Intensitas Keabuan Lokal Citra Sidik Jari	19
Gambar 2.11.	Segmentasi Adaptif Citra Sidik Jari Berdasarkan Rata-rata Intensitas Keabuan Lokal Citra Sidik Jari (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi.....	19
Gambar 2.12.	Proses Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari	21
Gambar 2.13.	Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi	21
Gambar 2.14.	Proses Segmentasi Citra Sidik Jari dengan <i>Fixed Threshold</i> ..	22

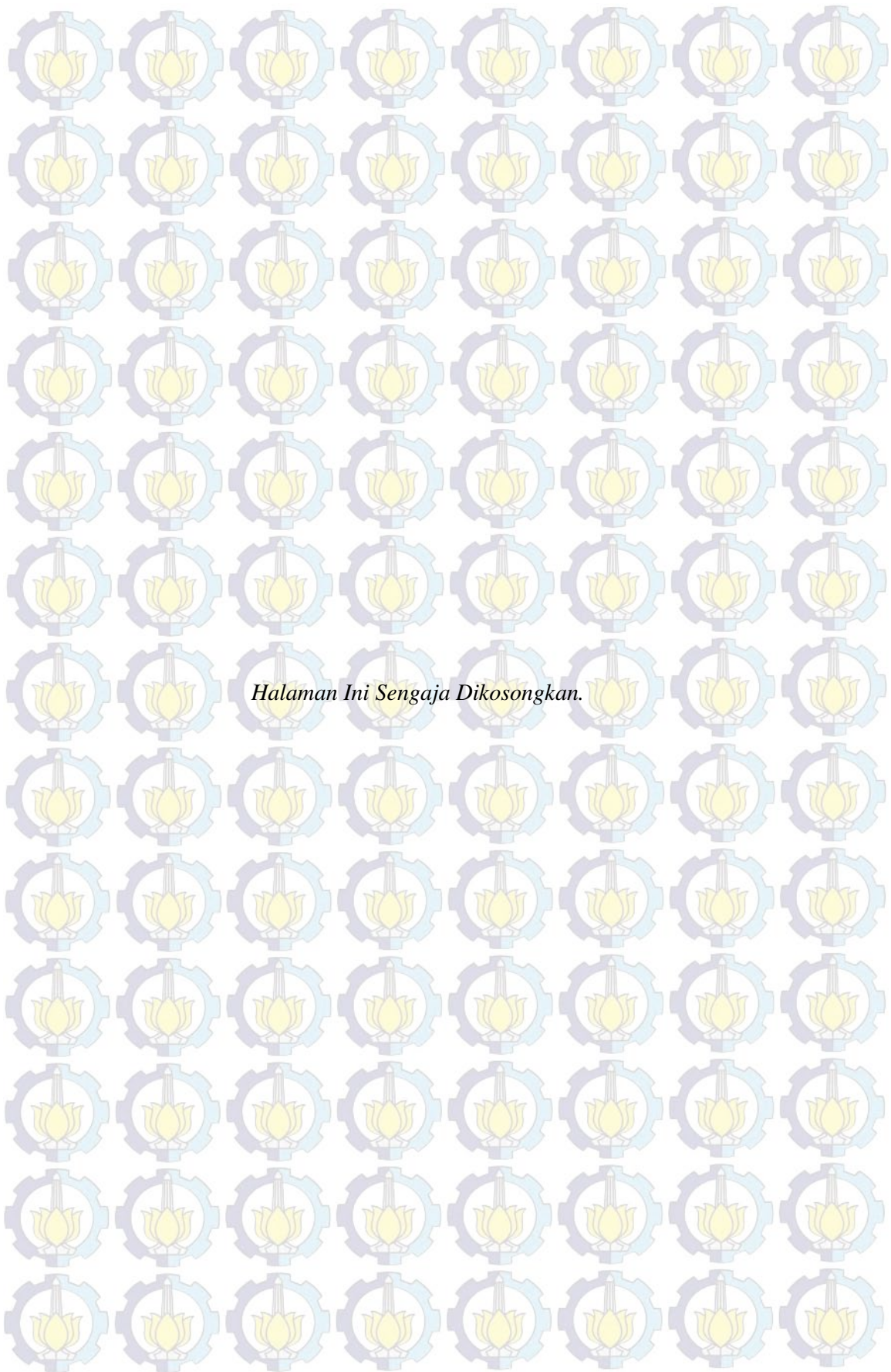
	Halaman
Gambar 2.15. Segmentasi Citra Sidik Jari dengan <i>Fixed Threshold</i> (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi.....	22
Gambar 2.16. Model Pembagian Blok Citra (a) <i>Overlapping</i> (b) <i>Non-Overlapping</i>	23
Gambar 2.17. Klasifikasi Jenis Sidik Jari (a) <i>Arch</i> , (b) <i>Loop</i> , dan (c) <i>Whorl</i>	24
Gambar 2.18. Vektor Minutiae <i>Ridge-Ending</i> (x,y,θ) dan <i>Ridge-Bifurcation</i> (Maltoni, 2003).....	27
Gambar 2.19. Citra Sidik Jari dengan Kualitas yang Berbeda (a) Citra Berkualitas Baik (b) Citra Berkualitas Kurang Baik	27
Gambar 2.20. <i>Minutiae matching</i> dari sampel sidik jari masukan dan database <i>template</i>	29
Gambar 2.21. Usaha SVM dalam Menemukan Hyperplane Terbaik yang Memisahkan Class -1 dan +1 (a) Alternatif Bidang Pemisah (b) <i>Hyperplane</i> Terbaik dengan Margin Terbesar (Christiani dan Taylor, 2000).....	31
Gambar 2.22. Contoh Klasifikasi dengan Metode <i>One-Against-All</i>	36
Gambar 2.23. Contoh Klasifikasi dengan Metode <i>One-Against-One</i>	37
Gambar 2.24. Contoh Klasifikasi dengan Metode DAGSVM.....	38
Gambar 2.25. Transformasi ke Ruang Fitur.....	40
Gambar 2.26. <i>One Class SVM</i>	41
Gambar 2.27. Perbedaan FAR dan FRR dari Aplikasi Sidik Jari (Jain, dkk., 2004)	43
Gambar 2.28. Proses <i>Enrollment</i> Sidik Jari (Maltoni, dkk., 2009)	44
Gambar 2.29. Proses Verifikasi Sidik Jari (Maltoni, dkk., 2009)	44
Gambar 2.30. Proses <i>Identification</i> Sidik Jari (Maltoni, dkk., 2009).....	45
Gambar 2.31. Titik Pertemuan Antara Grafik FAR dan FRR Terhadap <i>Threshold</i> (Reid, 2003)	46
Gambar 2.32. Grafik <i>Receiver Operating Characteristic</i> (Reid, 2003)	47

	Halaman
Gambar 3.1. Diagram <i>Fishbone</i> Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari.....	49
Gambar 3.2. Pembagian Blok Piksel Citra untuk Ekstraksi Fitur	53
Gambar 3.3. Proses Ekstraksi Fitur Nilai Rata-rata Intensitas Lokal Citra Sidik Jari.....	54
Gambar 3.4. Fitur Hasil Ekstraksi Berdasarkan <i>Local Mean</i> Citra (a) Citra Asli (b) Citra Hasil.....	55
Gambar 3.5. Proses Ekstraksi Fitur Nilai Varians Lokal Citra Sidik Jari....	56
Gambar 3.6. Proses Ekstraksi Fitur Nilai Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari.....	57
Gambar 3.7. Ekstraksi Fitur Sidik Jari Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Ekstraksi.....	57
Gambar 3.8. Proses Ekstraksi Fitur Skor Kejelasan <i>Ridge-Valley</i> Citra Sidik Jari.....	59
Gambar 3.9. Ekstraksi Area Lokal dan Transformasi Rotasional ke Pola <i>Ridge</i> Vertikal.....	60
Gambar 3.10. Pemisahan Area dari Vektor V_2	61
Gambar 3.11. Distribusi <i>Ridge</i> dan <i>Valley</i>	61
Gambar 3.12. Proses Ekstraksi Fitur Rasio Ketebalan <i>Ridge-Valley</i> Citra Sidik Jari.....	65
Gambar 3.13. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (<i>RR</i>) Citra Sidik Jari...	68
Gambar 3.14. Grafik Fitur Nilai Varians (<i>VAR</i>) Citra Sidik Jari	69
Gambar 3.15. Grafik Fitur Standar Deviasi (<i>STD</i>) Citra Sidik Jari.....	70
Gambar 3.16. Grafik Fitur Nilai Koherensi (<i>KOH</i>) Citra Sidik Jari	71
Gambar 3.17. Grafik Fitur Skor Kejelasan <i>Ridge-Valley</i> (<i>CS</i>) Citra Sidik Jari.....	71
Gambar 3.18. Grafik Fitur Rasio Ketebalan <i>Ridge-Valley</i> (<i>TR</i>) Citra Sidik Jari.....	72

	Halaman
Gambar 4.1. Kualitas Citra Sidik Jari (a) Netral (b) Kering (c) Berminyak (d) Kotor (e) Terotasi (f) Terambil Sebagian	74
Gambar 4.2. Tahapan Penentuan Standar Nilai Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari.....	78
Gambar 5.1. Jenis Citra Sidik Jari Terdistorsi Akuisisi (a) Kering (b) Netral (c) Berminyak	89
Gambar 5.2. Klasifikasi Jenis Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari.....	90
Gambar 5.3. Grafik Hasil Uji Hyperplane SVM Berdasarkan Threshold ...	93
Gambar 5.4. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB_ITS_2009 ..	94
Gambar 5.5. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB_B FVC_2000	95
Gambar 5.6. Grafik Nilai <i>False Acceptance Rate</i>	98
Gambar 5.7. Grafik Nilai <i>Specificity</i>	99

DAFTAR NOTASI

Notasi	Makna / Arti
F	Matriks / Citra
f	Amplitudo pada posisi koordinat
i	Koordinat/Indeks baris citra
j	Koordinat/Indeks kolom citra
Σ	Sum (total beberapa set nilai)
M	Tinggi citra
N	Lebar citra
R	Intensitas rata-rata keabuan global citra
G_x G_{xx}	Gradien lokal horisontal
G_y G_{yy}	Gradien lokal vertikal
T	Threshold
w	Ukuran window/blok
$G_{s,x}$ $G_{s,y}$	Gradient kuadrat
d	Dimensi
x_i	Data yang tersedia
y_i	Label keluaran
l	Banyaknya data
α_i	Lagrange multiplier
C	Parameter untuk mengontrol <i>trade-off</i> antara <i>margin</i> dan kesalahan klasifikasi
ξ	Kesalahan klasifikasi
θ	Sudut <i>ridge bifurcation</i>
R_B	Rata-rata intensitas keabuan lokal citra sidik jari
V_B	Varians lokal citra sidik jari
Std_B	Standar deviasi lokal citra sidik jari
K_B	Nilai koherensi lokal citra sidik jari
RR	Fitur nilai rata-rata intensitas keabuan citra sidik jari
VAR	Fitur nilai varians citra sidik jari
STD	Fitur nilai standar deviasi citra sidik jari
KOH	Fitur nilai koherensi citra sidik jari
CS	Skor kejelasan <i>ridge-valley</i> citra sidik jari
TR	Skor ketebalan <i>ridge-valley</i> citra sidik jari
P	Korelasi antara vektor <i>minutiae</i> masukan dan vektor <i>minutiae template</i>
M_{PQ}	Jumlah vektor <i>minutiae query</i> dan <i>template</i> yang bersesuaian
M_Q	Jumlah vektor <i>minutiae query</i>
Max_f	Nilai maksimum parameter fitur setiap jenis citra sidik jari
Min_f	Nilai minimum parameter fitur setiap jenis citra sidik jari
Med_f	Nilai tengah parameter fitur setiap jenis citra sidik jari
R_{up}	Nilai rentang atas fitur setiap jenis citra sidik jari
R_{bot}	Nilai rentang bawah fitur setiap jenis citra sidik jari



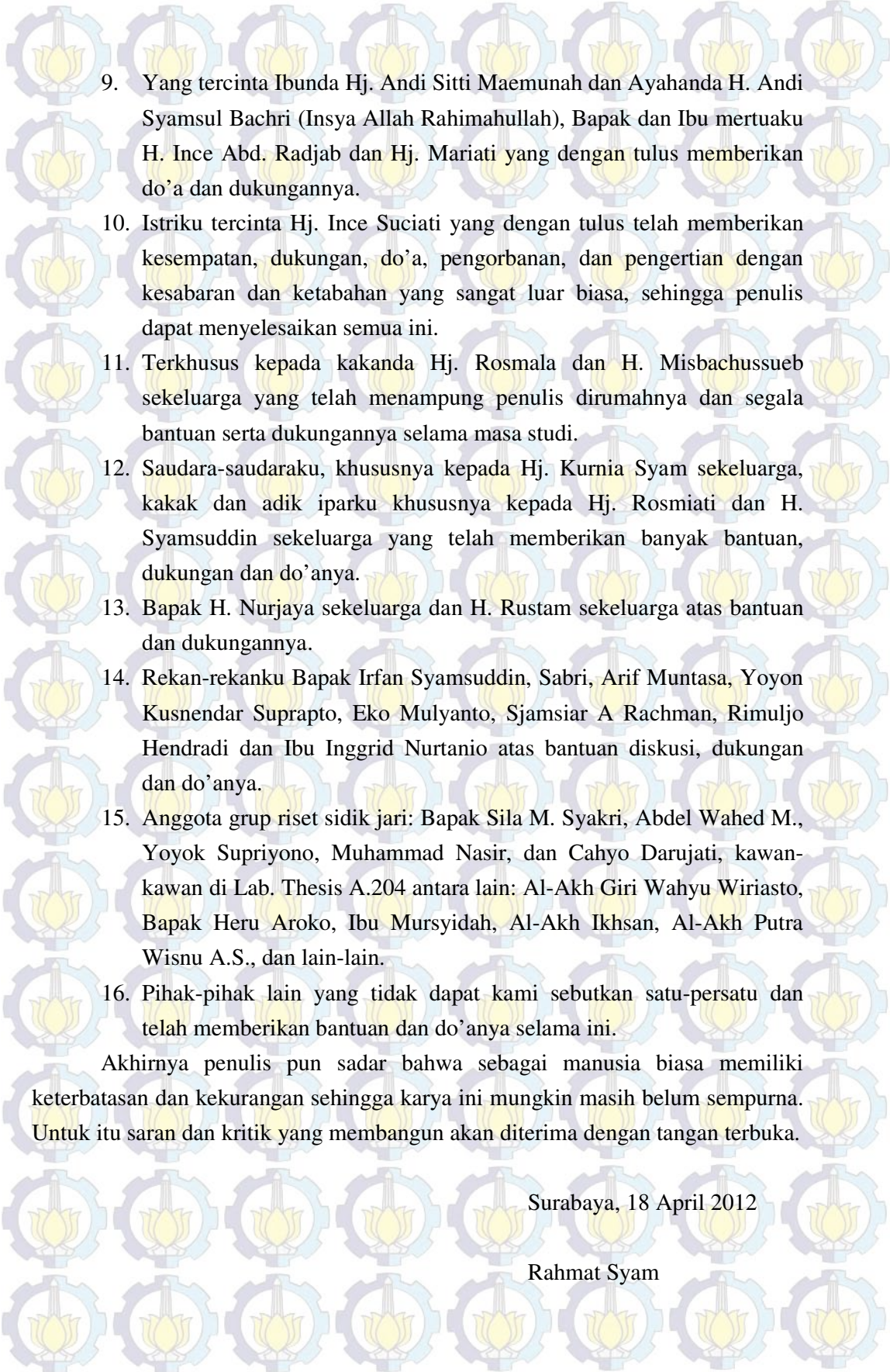
Halaman Ini Sengaja Dikosongkan.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin penulis panjatkan puji syukur kepada Allah SWT, atas rahmat, nikmat dan hidayah-Nya serta salawat dan salam kepada Rasulullah SAW, sehingga buku disertasi ini dapat dirampungkan.

Sepenuhnya penulis sadar bahwa selama penyusunan disertasi ini banyak pihak yang telah memberikan bantuannya, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Adi Suprijanto, M.Sc. selaku Direktur Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Bapak Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D. selaku Koordinator Pengelola Program Studi Pascasarjana Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya beserta segenap staf dosen dan karyawan.
3. Bapak Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng, Ph.D. dan Bapak Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing dan Co-Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan dorongan semangat dengan tulus dan penuh kesabaran.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Tati Latifah Erawati Rajab Mengko, Bapak Dr. Ir. Wirawan, DEA dan Bapak I Ketut Eddy Purnama, ST., MT., Ph.D sebagai tim penguji yang telah memberikan sumbang saran dalam rangka penyempurnaan buku disertasi ini.
5. Beasiswa BPPS DIKTI (2007 – 2010) dan Hibah Disertasi Doktor DP2M DIKTI (2010) yang telah membantu membiayai penulis selama kuliah di program Doktor Bidang Keahlian Jaringan Cerdas Multimedia Teknik Elektro ITS.
6. Bapak Prof. Dr. H. Arismunandar, M.Pd. selaku Rektor Universitas Negeri Makassar yang telah memberikan dukungan dan kesempatan kepada penulis untuk menempuh studi lanjut.
7. Bapak Prof. Dr. H. Hamzah Upu, M.Ed. selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Makassar yang telah memberikan nasihat, dukungan dan kesempatan kepada penulis untuk menempuh studi lanjut.
8. Bapak Dr. Muhammad Darwis, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Makassar yang telah memberikan dukungan dan kesempatan kepada penulis untuk menempuh studi lanjut.

- 
9. Yang tercinta Ibunda Hj. Andi Sitti Maemunah dan Ayahanda H. Andi Syamsul Bachri (Insya Allah Rahimahullah), Bapak dan Ibu mertuaku H. Ince Abd. Radjab dan Hj. Mariati yang dengan tulus memberikan do'a dan dukungannya.
 10. Istriku tercinta Hj. Ince Suciati yang dengan tulus telah memberikan kesempatan, dukungan, do'a, pengorbanan, dan pengertian dengan kesabaran dan ketabahan yang sangat luar biasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan semua ini.
 11. Terkhusus kepada kakanda Hj. Rosmala dan H. Misbachussueb sekeluarga yang telah menampung penulis dirumahnya dan segala bantuan serta dukungannya selama masa studi.
 12. Saudara-saudaraku, khususnya kepada Hj. Kurnia Syam sekeluarga, kakak dan adik iparku khususnya kepada Hj. Rosmiati dan H. Syamsuddin sekeluarga yang telah memberikan banyak bantuan, dukungan dan do'anya.
 13. Bapak H. Nurjaya sekeluarga dan H. Rustam sekeluarga atas bantuan dan dukungannya.
 14. Rekan-rekanku Bapak Irfan Syamsuddin, Sabri, Arif Muntasa, Yoyon Kusnendar Suprpto, Eko Mulyanto, Sjamsiar A Rachman, Rimuljo Hendradi dan Ibu Ingrid Nurtanio atas bantuan diskusi, dukungan dan do'anya.
 15. Anggota grup riset sidik jari: Bapak Sila M. Syakri, Abdel Wahed M., Yoyok Supriyono, Muhammad Nasir, dan Cahyo Darujati, kawan-kawan di Lab. Thesis A.204 antara lain: Al-Akh Giri Wahyu Wiriasto, Bapak Heru Aroko, Ibu Mursyidah, Al-Akh Ikhsan, Al-Akh Putra Wisnu A.S., dan lain-lain.
 16. Pihak-pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu dan telah memberikan bantuan dan do'anya selama ini.

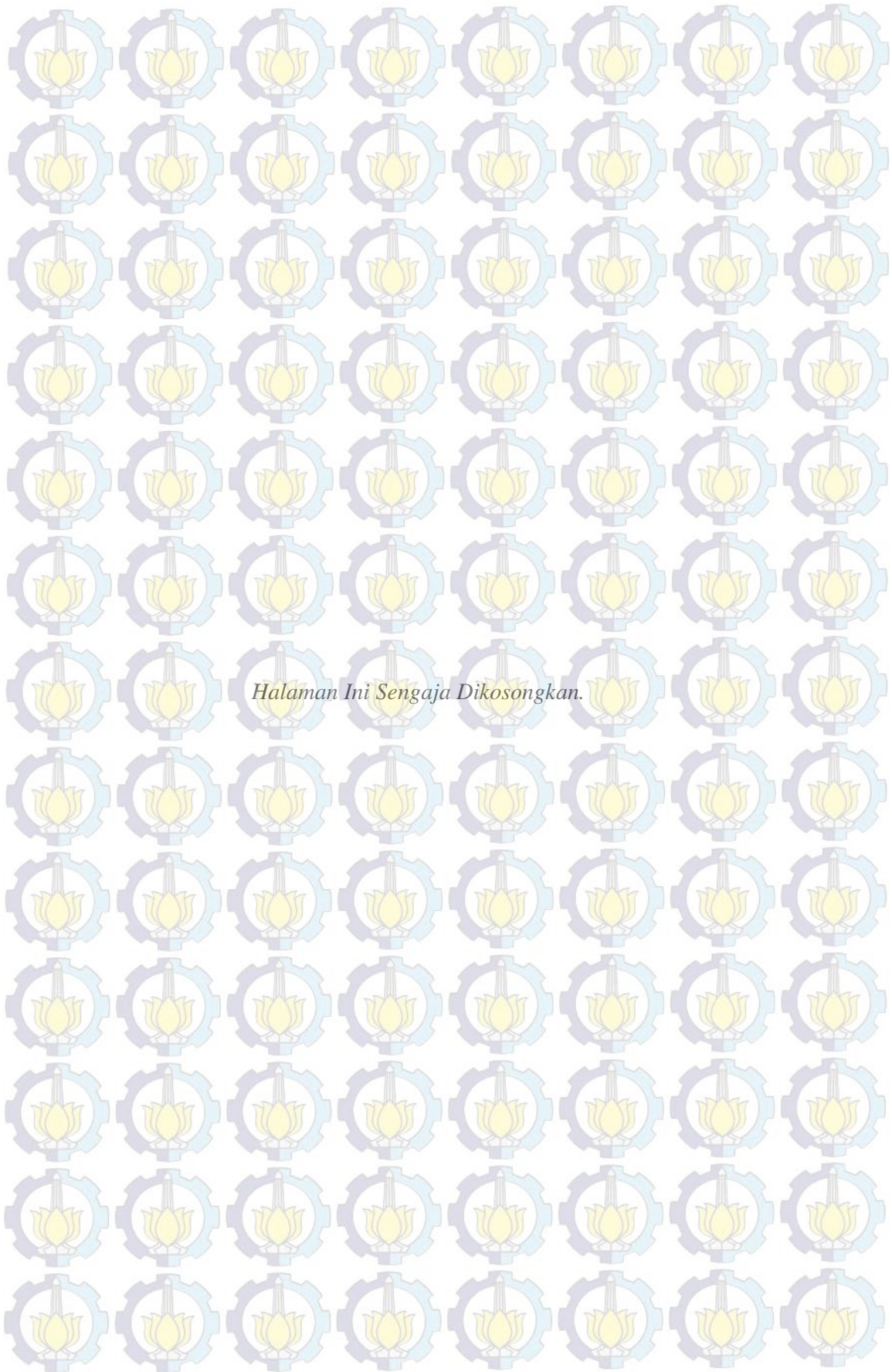
Akhirnya penulis pun sadar bahwa sebagai manusia biasa memiliki keterbatasan dan kekurangan sehingga karya ini mungkin masih belum sempurna. Untuk itu saran dan kritik yang membangun akan diterima dengan tangan terbuka.

Surabaya, 18 April 2012

Rahmat Syam

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Biodata Penulis	L-1
Lampiran 2 Paper yang Telah Dipublikasi	L-2
Lampiran 3 Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari	L-3
Lampiran 4 Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari	L-4
Lampiran 5 Grafik Fitur Hasil Uji Hyperplane dan Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM	L-5



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan.

Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Berbasis Multi Fitur Menggunakan Metode *Support Vector Machine*

Nama Mahasiswa : Rahmat Syam
NRP : 2207301011
Pembimbing : Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D.
Co-Pembimbing : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.

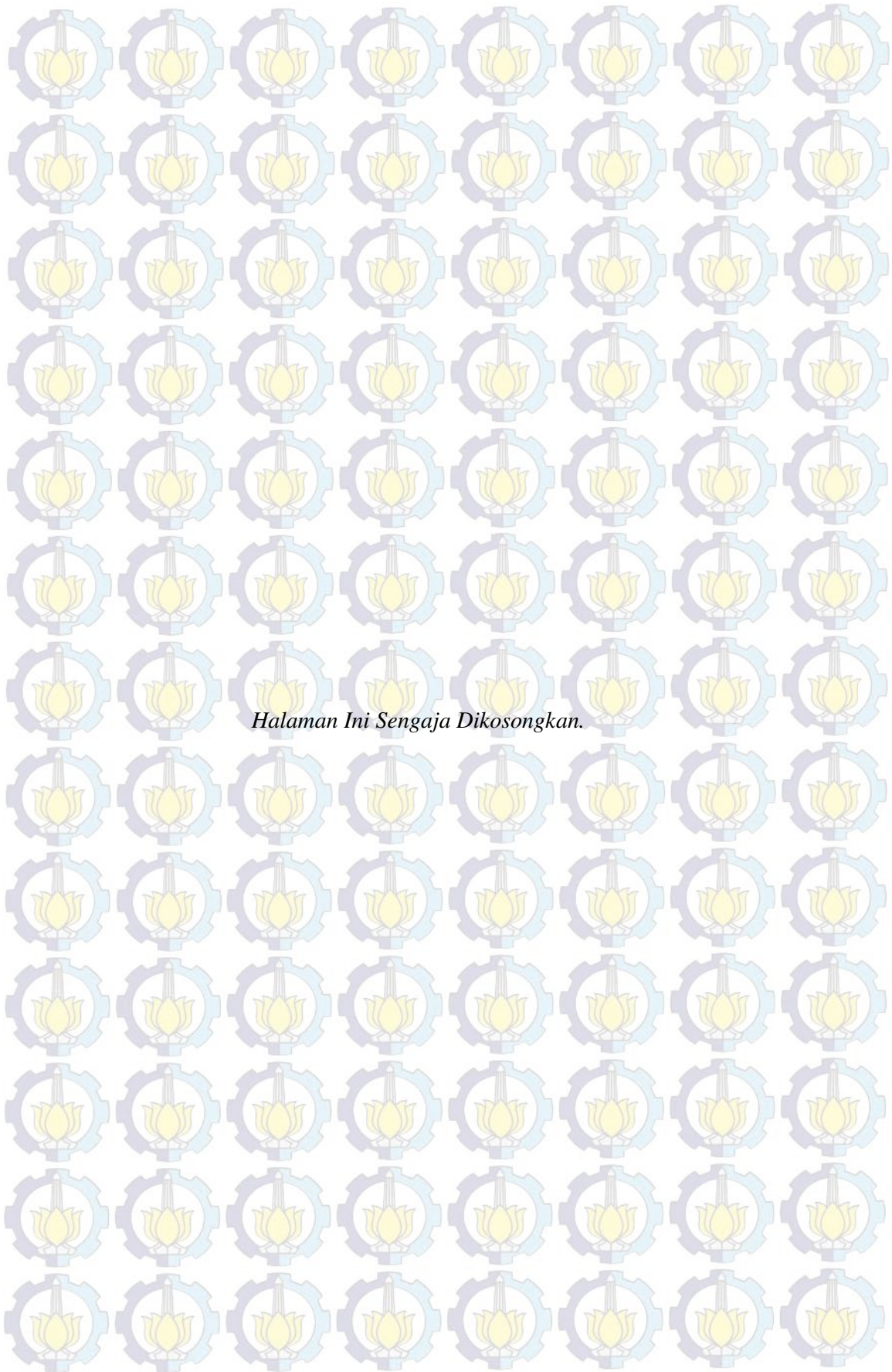
ABSTRAK

Kualitas data citra sidik jari merupakan faktor utama penentu tingkat akurasi keberhasilan proses pengenalan sidik jari dalam sistem biometrik. Kualitas citra sidik jari yang mengandung beberapa parameter penting sebagai prasyarat pemrosesan data lebih lanjut, terdefinisi dengan jelas pada saat proses akuisisi. Permasalahannya adalah pada tahap ini, ditemui fakta bahwa sangat dibutuhkan informasi jenis distorsi citra sidik jari agar dapat ditentukan metode perbaikan citra yang tepat sehingga dihasilkan tingkat akurasi pengenalan yang tinggi.

Penelitian ini dilakukan untuk menghadirkan cara alternatif proses klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari ke dalam tiga kategori (kering, netral dan berminyak) menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) berbasis multi fitur citra sidik jari. yang terdiri dari: nilai intensitas rata-rata (*RR*), nilai varians (*VAR*), standar deviasi (*STD*), nilai koherensi (*KOH*), skor kejelasan *ridge-valley* (*CS*) dan rasio ketebalan *ridge-valley* (*TR*). Penelitian ini dititikberatkan pada penentuan nilai standar parameter jenis distorsi akuisisi citra sidik jari dan analisis metode klasifikasi yang difokuskan pada pengaruh perbedaan penggunaan fungsi kernel SVM terhadap rasio kebenaran klasifikasi sidik jari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fungsi kernel SVM yang paling optimal untuk klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur ke dalam tiga kategori kering, netral dan berminyak adalah kernel polynomial dengan nilai $c=10^8$.

Kata kunci: *klasifikasi, distorsi, akuisisi, sidik jari, multi fitur.*



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan.



Classification for Distortion Acquisition on Fingerprint Images Based-on Multiple Features Using Support Vector Machine

Name of Student : Rahmat Syam
ID Number : 2207301011
Supervisor : Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D.
Co-Supervisor : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.

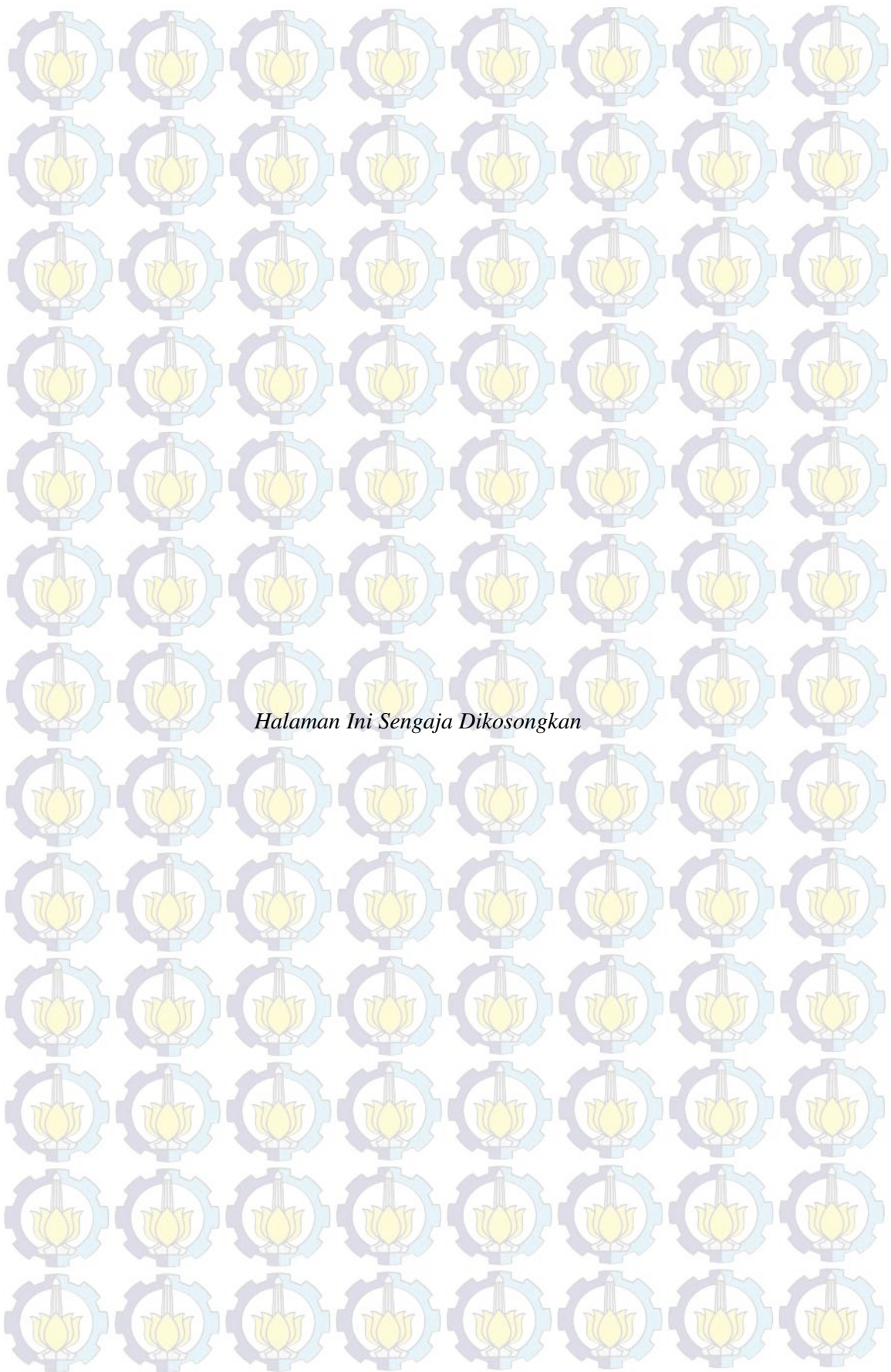
ABSTRACT

The quality of fingerprint image at the input side biometric system is the main factor to determining accuracy of fingerprint recognition result. The one of major problems is fingerprint image distorted at the time of acquisition process. Therefore, the classification of distortions type is required to set the right image enhancement method and produce the optimum accuracy value of recognition process.

These research is done to classify kind of distortion fingerprint image acquisition into three category (dry, neutral, and oily) using support vector machine method base on multi feature fingerprint image data are mean of grey intensity (RR), variance (VAR), standard of deviation (STD), coherence (KOH), ridge-valley clarity score (CS) and ridge-valley thickness ratio (TR). Focused to determining standard value parameter type fingerprint image distortion and to analysis the performance kind of kernel function with ratio of truth classification fingerprint image methods.

The result shows that the optimum support vector machine kernel function used to classify fingerprint image acquisition distortion into three category (dry, neutral, and oily) is polynomial kernel with $c=10^8$.

Keywords: *classification, distortion, acquisition, fingerprint, multiple-features.*



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Identifikasi menggunakan ciri-ciri fisik atau anggota tubuh manusia, seperti sidik jari (*fingerprint*), wajah, suara, iris dan retina mata disebut dengan sistem biometrik. Sistem biometrik memiliki beberapa kelebihan seperti tidak mudah hilang, tidak dapat lupa, tidak mudah dipalsukan, dan memiliki keunikan yang berbeda antara manusia satu dengan yang lain (Ross, dkk., 2002; Espinosa, 2001).

Sidik jari merupakan salah satu anggota tubuh manusia yang paling populer dan telah lama digunakan dalam sistem biometrik dengan kehandalan sangat tinggi dalam identifikasi seseorang pada berbagai kondisi sosial seperti kontrol akses, aplikasi komersial, penyelidikan kejahatan dan tindak kriminal, serta identitas pribadi (Ratha, dkk., 1996).

Teknologi identifikasi dengan sidik jari sampai saat ini terus dikembangkan dan dikompetisikan. Salah satu kompetisi internasional adalah *Fingerprint Verification Competition (FVC)*. Kompetisi ini mengukur akurasi dan waktu yang dibutuhkan dalam identifikasi. Metode identifikasi yang dapat menghasilkan data tunggal yang benar (*singularity*) dalam data yang besar membutuhkan waktu proses identifikasi yang lama. Oleh karena itu metode yang banyak diaplikasikan adalah metode *minutiae-based* (Maltoni, 2003), karena metode ini dapat melakukan identifikasi dengan cepat pada data sidik jari dengan

jumlah besar, namun kelemahannya adalah identifikasi yang dihasilkan lebih dari satu sidik jari (*non-singularity*).

Kinerja sebuah algoritma identifikasi citra sidik jari sangat bergantung pada kualitas citra sidik jari input (Ratha, dkk., 1996). Namun pengenalan sidik jari dengan metode *minutiae-based* mengalami kesulitan pada citra sidik jari yang memiliki kualitas rendah (*poor quality*). Citra sidik jari berkualitas rendah antara lain disebabkan oleh kondisi kulit (berminyak, kering, kotor, cacat) ataupun karena kualitas peralatan fingerprint yang digunakan. Penyebab lain rendahnya kualitas citra sidik jari dapat pula disebabkan oleh distorsi pada saat pengambilan (akuisisi) citra sidik jari. Hal ini sangat mempengaruhi persentase akurasi pengenalan. Apabila jenis distorsi akuisisi citra sidik jari dapat diklasifikasi lebih dini sebelum dilakukan pengenalan, maka dapat diterapkan metode yang tepat untuk memperbaiki kualitas citra sehingga bisa meningkatkan akurasi hasil pengenalan sidik jari dengan kualitas yang baik (*singularity*).

Penelitian di bidang klasifikasi citra sidik jari secara umum telah banyak dilakukan oleh para peneliti di bidang citra, antara lain adalah: (a) (Bhuyan dan Bhattacharyya, 2009) mengusulkan sebuah metode klasifikasi sidik jari berdasarkan pada sebuah teknik hierarchical agglomerative clustering, akurasi retrieval metode pencarian yang ditemukan ternyata efektif dalam pencahayaan hanya pada beberapa database real-life; (b) (Yun dan Cho, 2006) mengusulkan sebuah metode *preprocessing adaptive*, yang mengekstraksi lima ciri dari citra sidik jari dan mengklasifikasi kualitas citra dari sisi ukuran: *poor*, *good*, dan *excellent* dengan metode Ward's Algorithm, dan memperbaiki citra sesuai dengan karakteristiknya; (c) (Zhang, dkk., 2006) mengusulkan sebuah pendekatan baru

untuk klasifikasi sidik jari berdasarkan pada analisis *singularities* dan *traced pseudoridge*, klasifikasi didasarkan pada kebenaran pasangan dari *singularities*, namun gagal dalam beberapa kondisi. Klasifikasi dikelompokkan pada lima kelas: *arch*, *tented arch*, *left loop*, *right loop*, dan *whorl*; (d) (Ratha, dkk., 1996) mengusulkan sebuah metode untuk memperkirakan kualitas citra dari citra-citra *wavelet scalar quantization* (WSQ), ini hanya untuk format WSQ yang telah dikompresi dan bukan untuk kasus citra sidik jari secara umum.

Namun dari penelitian-penelitian terdahulu di atas terbatas pada: database real-life; sidik jari diklasifikasi berdasarkan ukuran kualitas dari sisi: *poor*, *good*, dan *excellent*; sidik jari diklasifikasi berdasarkan jenis tekstur ridge (*arch*, *tented arch*, *left loop*, *right loop*, dan *whorl*); terbatas untuk format WSQ yang telah dikompresi dan bukan untuk kasus citra sidik jari secara umum.

Penelitian ini dilakukan untuk menetapkan standar nilai parameter jenis distorsi akuisisi citra sidik jari dan mengklasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari menggunakan metode *support vector machine* (SVM) dengan penggunaan kernel yang berbeda berbasis multi fitur (rata-rata intensitas, standar deviasi, skor kejelasan *ridge-valley*, dan rasio ketebalan *ridge-valley* citra sidik jari). Ada empat tahapan utama pada penelitian ini, yakni segmentasi, ekstraksi ciri, standarisasi nilai parameter distorsi akuisisi, dan klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari.

Data berupa citra sidik jari diambil dari subyek penelitian dengan berbagai latar belakang pekerjaan (mahasiswa, pegawai, karyawan, buruh, dan petani). Proses pengambilan data dilakukan dengan merujuk pada pedoman pengambilan data *Fingerprint Verification Competition* (FVC) Database-2 (DB2),

yakni menggunakan *optical sensor fingerprint*. *Scanner fingerprint* yang digunakan saat pengambilan data adalah *optical sensor fingerprint* “U.are.U 4000” yang diproduksi oleh digital persona.

1.2. Rumusan dan Batasan Masalah

Dengan demikian permasalahan yang harus dipecahkan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan metode segmentasi yang tepat untuk mengklasifikasi jenis distorsi akuisisi (kering, netral, dan berminyak) citra sidik jari.
2. Bagaimana mengekstraksi fitur citra sidik jari untuk keperluan klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari.
3. Bagaimana menentukan karakteristik dan standar nilai parameter jenis distorsi akuisisi citra sidik jari.
4. Bagaimana mengklasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari menggunakan metode *Support Vector Machine*.

Penelitian ini dibatasi pada pengklasifikasian jenis distorsi akuisisi citra sidik jari yang diambil menggunakan *scanner fingerprint* jenis *optical sensor* ke dalam tiga kategori, yakni kering, netral, dan berminyak berdasarkan ukuran kualitas citra.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan segmentasi citra sidik jari yang tepat dalam mengklasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari.
2. Melakukan ekstraksi fitur citra sidik jari untuk keperluan klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari.
3. Menentukan karakteristik dan parameter nilai standar distorsi akuisisi citra sidik jari.
4. Menetapkan penggunaan kernel terbaik dalam mengklasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari pada metode *Support Vector Machine*.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah agar dapat:

1. Mendeteksi dan mengklasifikasi jenis distorsi akuisisi (kering, netral, dan berminyak) citra sidik jari.
2. Membangun *classifier* yang tepat dalam mengklasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari jenis kering, netral, dan berminyak.
3. Memudahkan dalam mengidentifikasi sidik jari pada database yang besar dengan kualitas akurasi yang baik (*singularity*).

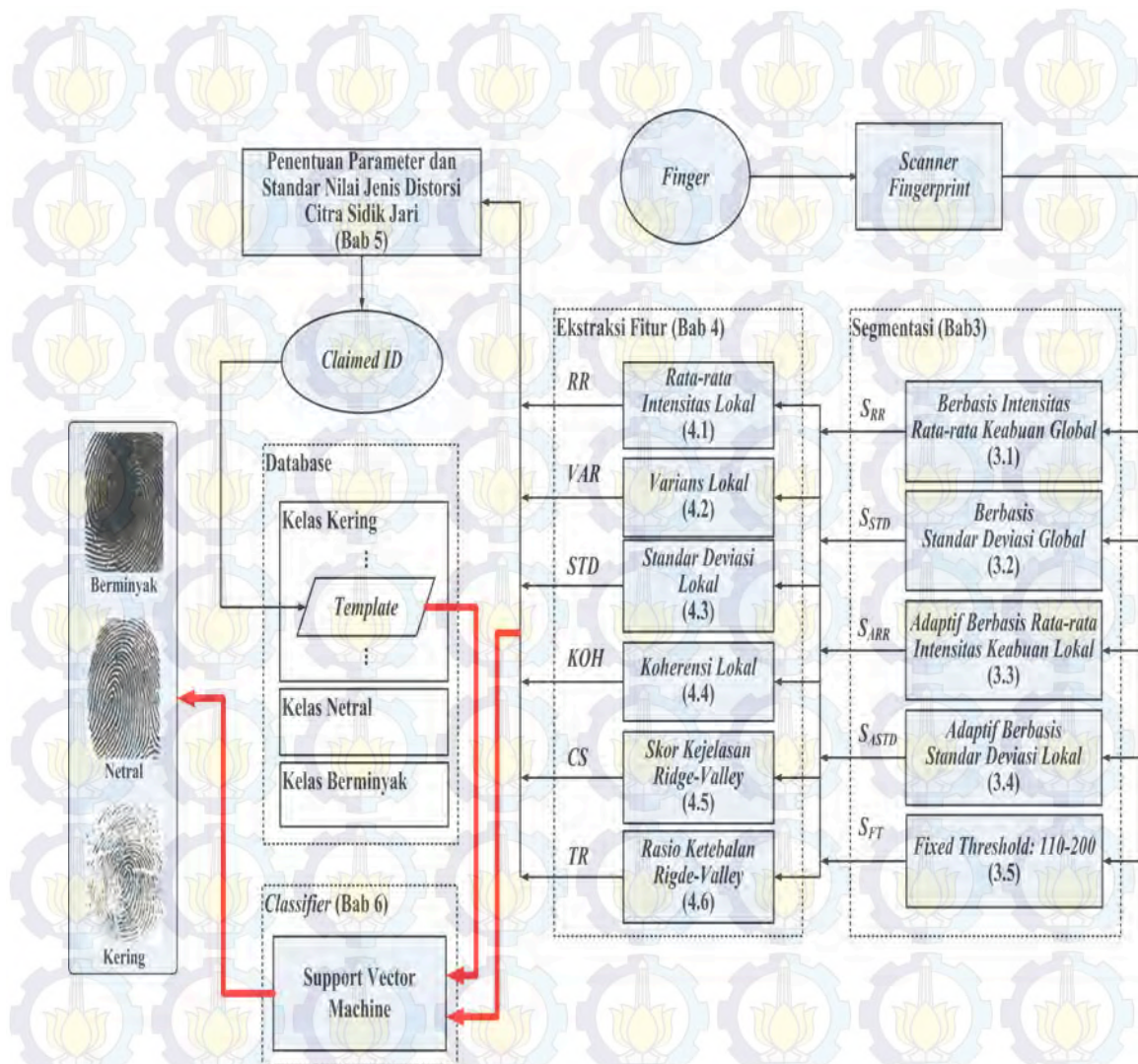
1.4. Kontribusi Penelitian

Adapun penelitian terkini dari penelitian ini adalah mengklasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari ke dalam tiga kategori: kering, netral, dan berminyak menggunakan metode *Support Vector Machine* berbasis multi fitur

(rata-rata intensitas keabuan, varians, standar deviasi, koherensi, skor kejelasan *ridge-valley*, dan rasio ketebalan *ridge-valley* citra sidik jari).

1.5. Susunan Penulisan Disertasi

Disertasi ini terdiri dari tujuh bab. Bab 1 adalah sebuah pendahuluan, dijelaskan tentang latar belakang, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, kontribusi penelitian, susunan penulisan disertasi, dan dukungan grup riset pada penelitian ini. Kajian yang terkait dengan topik penelitian dijelaskan pada Bab 2, terdiri dari teori-teori tentang sidik jari; akuisisi, segmentasi, dan ekstraksi citra sidik jari; dan *support vector machine* (SVM) sebagai sebuah *classifier*. Pohon penelitian dan ekstraksi fitur citra sidik jari yang diterapkan pada penelitian ini dijelaskan pada Bab 3. Bagaimana menentukan nilai standar distorsi akuisisi citra sidik jari dijelaskan pada Bab 4. Bab 5 diusulkan sebuah model *classifier* untuk klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari menggunakan *support vector machine* (SVM). Akhirnya Bab 6 adalah kesimpulan penelitian dan saran untuk peneliti selanjutnya. Peta jalan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.

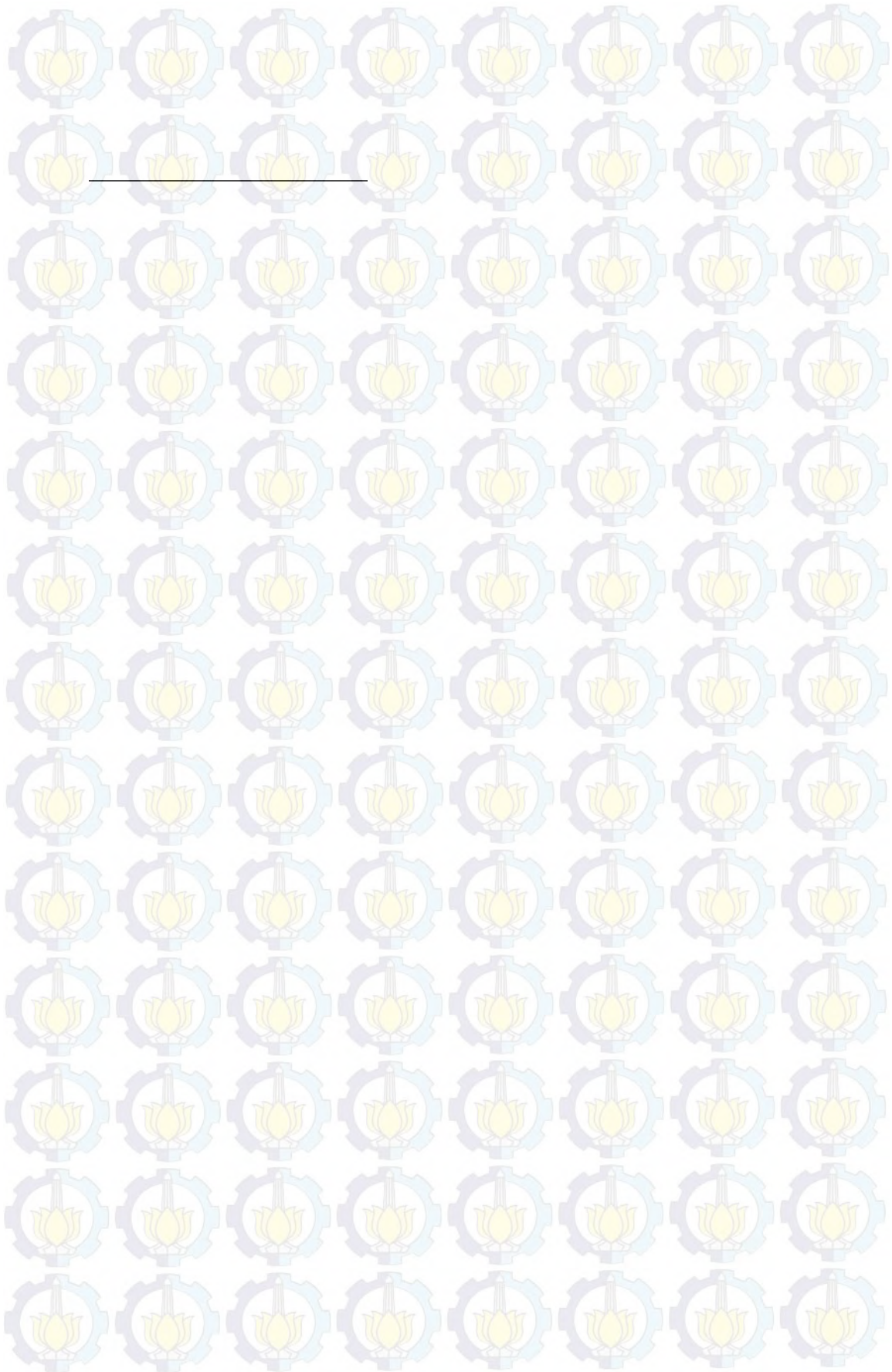


Gambar 1.1. Peta Jalan Penelitian

1.6. Dukungan Grup Riset

Penelitian ini didukung beberapa penelitian oleh grup riset (tesis magister (S2)). Dukungan tersebut adalah penelitian tentang perbaikan kualitas citra sidik jari berminyak menggunakan metode *unsharpening* (Syakri, 2009b), perbaikan kualitas citra sidik jari kering menggunakan proses *smoothing*, *skeletonizing*, dilasi, dan union (Motwakel, 2010b), deteksi kerusakan citra sidik jari menggunakan metode *learning vector quantization* (Supriyono, 2010b),

enhancement citra sidik jari kotor menggunakan teknik *hybrid morphology* dan gabor filter (Nasir, 2010c), dan deteksi distorsi citra sidik jari terotasi menggunakan metode *phase only correlation* (Darujati, 2010b).



BAB 2

KAJIAN TERKAIT

Sistem biometrik adalah sistem untuk melakukan identifikasi menggunakan ciri-ciri fisik atau anggota tubuh manusia, seperti sidik jari (*fingerprint*), wajah, iris dan retina mata, suara. (Jain, dkk., 2002 : Espinosa, 2001).

Sejak dahulu sidik jari telah diketahui keunikannya, bahwa tidak ada seorangpun di dunia ini yang memiliki sidik jari yang sama persis. Sehingga telah dimanfaatkan untuk pengenalan dan pelacakan identitas seseorang. Dalam satu dekade terakhir, penelitian tentang sidik jari berdasarkan sistem biometrik telah tumbuh secara signifikan. Tentu saja harapan adanya sistem identifikasi yang cepat dan tepat bukan hanya untuk melacak dan mengungkap pelaku kejahatan, tetapi juga diharapkan dapat menjadi pengganti cara-cara pengamanan konvensional misalnya dengan *password* dan *Personal Identification Number* (PIN).

Sistem pengenalan sidik jari harus mampu mengidentifikasi sidik jari seseorang dari sekumpulan besar basis data sidik jari. Hal ini merupakan masalah tersendiri bagi efisiensi sistem identifikasi. Sehingga digunakan berbagai pendekatan klasifikasi berdasarkan ciri yang tampak pada sidik jari.

Sebuah sistem klasifikasi sidik jari terdiri dari empat sub sistem yakni akuisisi, ekstraksi fitur, analisis kualitas, dan klasifikasi citra sidik jari (Tabassi, dkk., 2004). Akuisisi citra sidik jari dapat dilakukan dengan cara citra diambil dari jari seseorang menggunakan alat *scanner fingerprint* secara langsung maupun dari

sidik jari yang diambil pada selembar kertas dengan terlebih dahulu ujung jari seseorang di tempelkan pada bantalan yang berisi tinta. Ekstraksi fitur adalah proses menginterpretasi citra yang telah diambil ke dalam beberapa *space* (ruang) untuk memunculkan ciri yang dimiliki. Analisis kualitas adalah perhitungan tingkat kualitas citra sebagai acuan dalam klasifikasi. Klasifikasi kualitas berarti pengelompokan citra sidik jari ke dalam beberapa jenis citra berdasarkan tingkat kualitasnya. Kinerja sistem secara keseluruhan tergantung pada seberapa baik kualitas citra sidik jari.

Realitas pada saat pengambilan sidik jari pada berbagai aplikasi seperti kependudukan, kriminalitas, maupun bisnis menunjukkan bahwa sangat besar kemungkinan terjadinya distorsi pada saat akuisisi citra sidik jari dilakukan. Sehingga kualitas citra sidik jari yang dihasilkan pun berkualitas rendah. Apabila jenis distorsi akuisisi citra sidik jari dapat diklasifikasi lebih dini sebelum dilakukan pengenalan, maka dapat diterapkan metode yang tepat untuk memperbaiki kualitas citra sehingga bisa meningkatkan akurasi hasil pengenalan sidik jari dengan kualitas yang baik (*singularity*).

2.1. Definisi Citra Digital

Sebuah citra digital dinyatakan sebagai suatu fungsi dua dimensi $f(i,j)$, dengan i dan j adalah posisi koordinat citra, f adalah amplitudo pada posisi koordinat (i,j) yang disebut sebagai intensitas (Gonzales, 2002). Nilai intensitas 8 bit mulai dari 0 hingga 255. Citra hasil tangkapan kamera ataupun *scanner* yang telah dikuantisasi dalam nilai diskrit inilah yang disebut dengan citra digital. Citra digital dapat dinyatakan sebagaimana pada persamaan (2.1).

$$F(i, j) = \begin{bmatrix} F(1,1) & F(1,2) & F(1,3) & \dots & F(1,n) \\ F(2,1) & F(2,2) & F(2,3) & \dots & F(2,n) \\ F(3,1) & F(3,2) & F(3,3) & \dots & F(3,n) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F(m,1) & F(m,2) & F(m,3) & \dots & F(m,n) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) dinyatakan sebagai sebuah matriks F dengan koordinat i dan j . Jumlah baris dinyatakan sebagai m dan n adalah jumlah kolom matriks.

2.2. Sidik Jari

Sidik jari adalah suatu bentuk pola garis pada permukaan sebuah ujung jari. Sebuah citra sidik jari terdiri dari *ridge* (punggung) dan *valley* (lembah) sebagaimana pada Gambar 2.1. *Ridge* didefinisikan sebagai satu bagian lengkung dan *valley* adalah wilayah antara dua *ridge* yang berdekatan. Secara umum, garis-garis hitam berarti *ridge* dan garis-garis putih berarti *valley*. Kualitas citra sidik jari bergantung pada kebersihan/kejelasan *ridge* yang dipisahkan oleh *valley*.

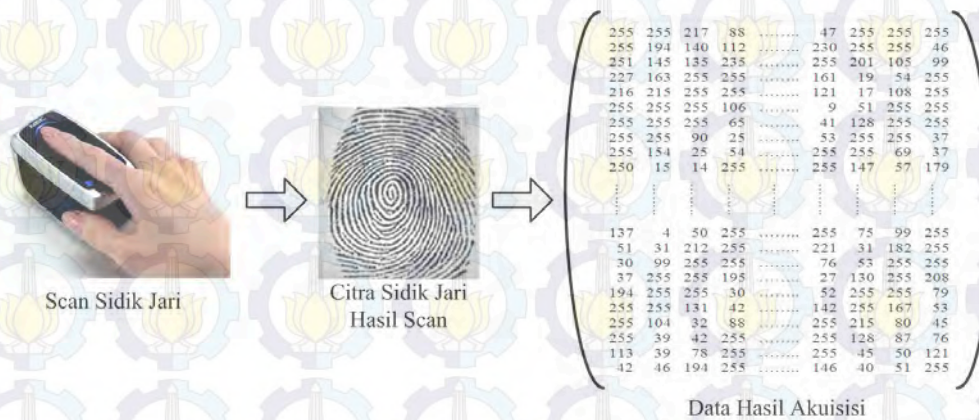


Gambar 2.1. *Ridge* dan *Valley* pada Sidik Jari

2.3. Akuisisi Citra Sidik Jari

Akuisisi citra sidik jari adalah proses untuk mendapatkan data-data citra sidik jari secara digital atau dengan kata lain penerjemahan data dari suatu sensor

ke dalam bit-bit data sidik jari. Proses akuisisi citra sidik jari dapat dijelaskan pada Gambar 2.2. Data yang dihasilkan diinterpretasi dalam bentuk vektor dua dimensi.



Gambar 2.2. Proses Akuisisi Citra Sidik Jari

2.4. Binerisasi

Sebuah citra skala keabuan adalah mempunyai jumlah tingkat keabuan yang spesifik. Untuk citra skala keabuan 8 bit bisa merepresentasikan $2^8 - 1 = 255$ intensitas. Sebagian besar citra sidik jari disimpan sebagai citra skala keabuan 8 bit dalam suatu citra jenis bitmap atau TIFF. Nilai intensitas tingkat keabuan yang besar, meningkatkan kompleksitas pemrosesan. Untuk mengatasi hal ini, citra dikonversi ke dalam citra biner dengan nilai intensitas citra yang dihasilkan hanya terdiri atas 0 dan 1 saja. Proses konversi ini disebut binerisasi.

Konversi citra keabuan ke citra biner dilakukan dengan mengisi kembali piksel-piksel citra dengan nilai 0 dan 1. Nilai 0 merupakan representasi warna hitam dan 1 merupakan representasi warna putih berdasarkan nilai ambang

(*threshold*) tertentu sesuai kebutuhan. Persamaan (2.2) dituliskan untuk konversi citra ke bentuk biner.

$$F(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{jika } I(i, j) > T \\ 0 & \text{jika } \text{selainnya} \end{cases} \quad (2.2)$$

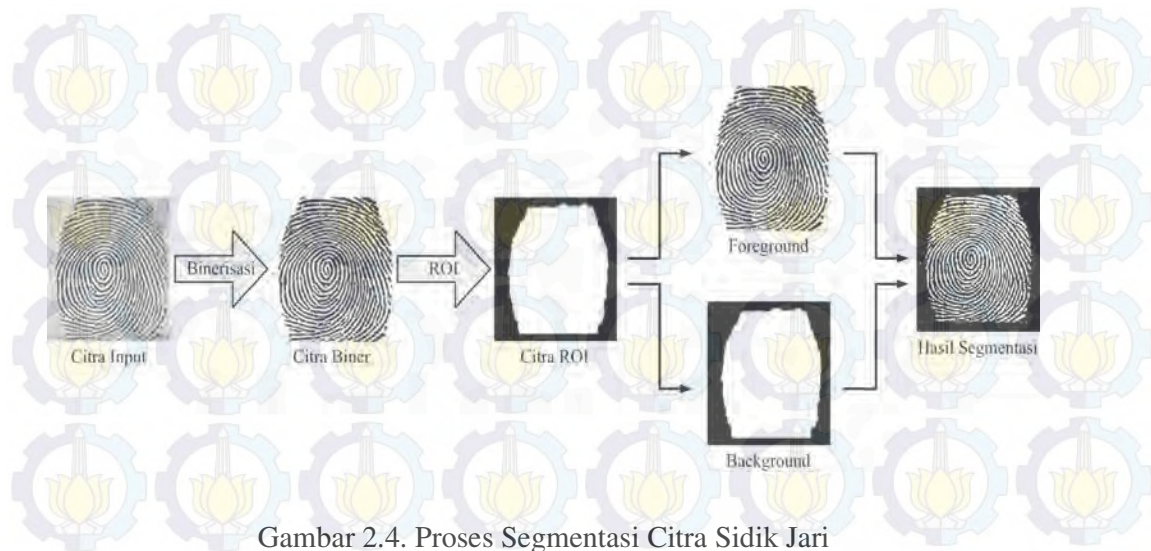
Citra F dikonversi ke dalam suatu citra biner menggunakan nilai *threshold* T . $F(i,j)$ merepresentasikan nilai intensitas citra di posisi koordinat pixel (i,j) . Gambar 2.3 menunjukkan citra keabuan dan citra hasil binerisasi.



Gambar 2.3. (a) Citra Keabuan (b) Citra Biner

2.5. Segmentasi Citra Sidik Jari

Suatu tahapan penting dalam sistem pengenalan citra sidik jari otomatis adalah segmentasi (Klein, dkk., 2002). Segmentasi adalah dekomposisi dari sebuah citra terhadap komponen-komponennya. Secara umum proses segmentasi citra sidik jari dapat dijelaskan sebagaimana pada Gambar 2.4. Citra yang dihasilkan selama proses segmentasi, dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4. Proses Segmentasi Citra Sidik Jari

Sebuah citra sidik jari yang telah diambil terdiri dari dua komponen yang disebut latar depan (*foreground*) dan latar belakang (*background*) (Bazen dan Gerez, 2001; Maltoni, dkk., 2009). *Foreground* adalah komponen asli dari hasil kontak sebuah ujung jari dengan sensor. Daerah *noise* pada batas citra disebut *background*. Dalam sebuah citra sidik jari, area *background* secara umum menghasilkan suatu nilai varian keabuan yang sangat rendah, sedangkan area *foreground* itu mempunyai nilai varian yang sangat tinggi. Oleh karena itu dibutuhkan algoritma segmentasi untuk memisahkan area *foreground* terhadap area *background* citra.



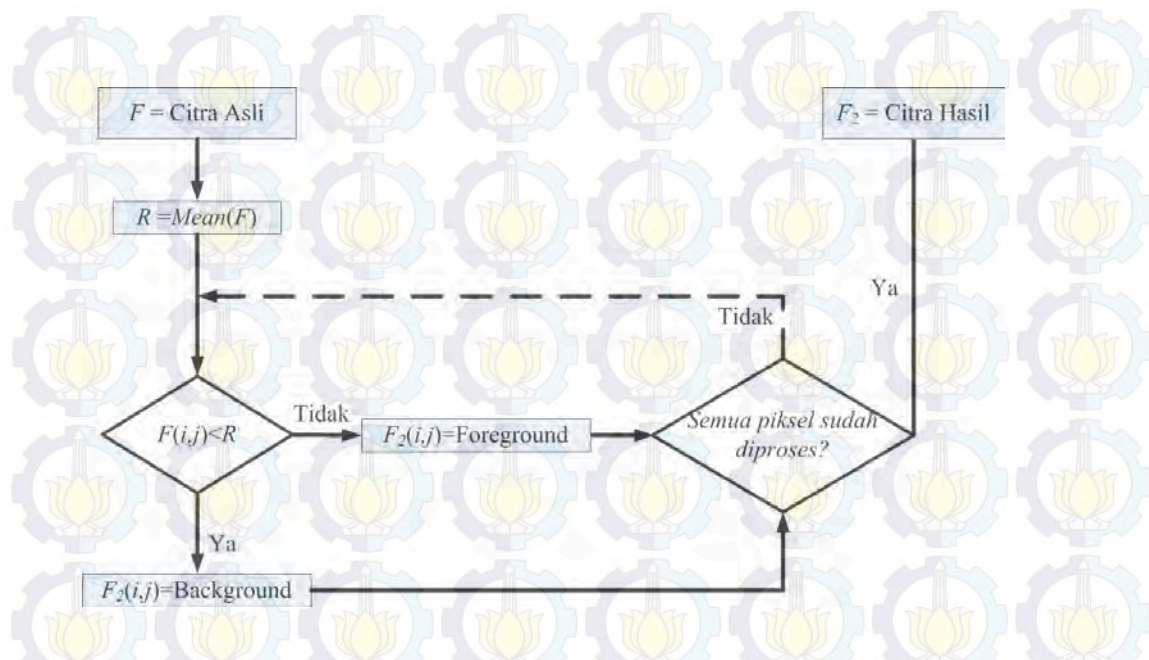
Gambar 2.5. Citra Sidik Jari yang Dihasilkan Ketika Proses Segmentasi (a) Citra Input (b) Hasil Binerisasi (c) ROI (d) Hasil Segmentasi

2.5.1. Segmentasi Citra Sidik Jari Berbasis Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra Sidik Jari

Nilai intensitas rata-rata tingkat keabuan citra mengindikasikan tingkat keabuan citra secara umum (Bazen dan Gerez, 2001). Oleh karena itu, apabila nilai intensitas rata-rata tingkat keabuan citra secara global diketahui, maka mengindikasikan tingkat keabuan citra secara keseluruhan. Nilai rata-rata intensitas tingkat keabuan adalah salah satu fitur yang berguna untuk segmentasi citra sidik jari. Sensor sidik jari yang baik, dapat menghasilkan struktur *ridge-valley* dengan pendekatan *ridge* dan *valley* yang baik. *Background* sebuah citra sidik jari adalah bagian dari jari yang tidak menyentuh sensor, berwarna agak putih. Ini berarti bahwa nilai keabuan rata-rata pada *foreground* secara umum lebih rendah dari nilai keabuan rata-rata pada *background*. Intensitas rata-rata tingkat keabuan sebuah citra dapat dihasilkan berdasarkan persamaan (2.3).

$$R = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F(i, j) \quad (2.3)$$

dimana R adalah rata-rata dari nilai intensitas tingkat keabuan citra F . m dan n secara berurut adalah representasi tinggi dan lebar citra F . Koordinat piksel kolom dan baris masing-masing diwakili oleh i dan j . Gambaran tentang proses segmentasi citra sidik jari berdasarkan nilai intensitas rata-rata global citra ditunjukkan pada Gambar 2.6. Contoh citra hasil proses segmentasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.6. Proses Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra Sidik Jari



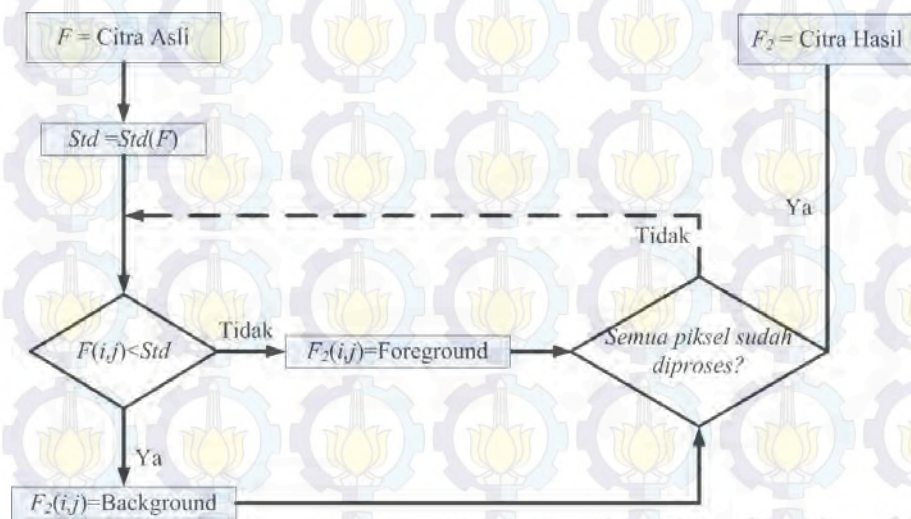
Gambar 2.7. Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Rata-rata Intensitas Global Citra Sidik Jari (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi

2.5.2. Segmentasi Citra Sidik Jari Berbasis Standar Deviasi Global Citra Sidik Jari

Standar deviasi untuk sebuah citra F yang berukuran $m \times n$ piksel didefinisikan menggunakan persamaan (2.4).

$$Std = \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (F(i, j) - R)^2} \quad (2.4)$$

dimana Std adalah nilai standar deviasi citra sidik jari F . m dan n masing-masing adalah representasi tinggi dan lebar citra F . Koordinat piksel kolom dan baris masing-masing diwakili oleh i dan j . Proses segmentasi citra sidik jari berdasarkan standar deviasi global citra dijelaskan pada Gambar 2.8. Contoh citra hasil proses segmentasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.8. Proses Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Global Citra Citra Sidik Jari



Gambar 2.9. Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Global Citra Sidik Jari (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi

2.5.3. Segmentasi Adaptif Citra Sidik Jari Berbasis Rata-rata Intensitas Keabuan Lokal Citra Sidik Jari

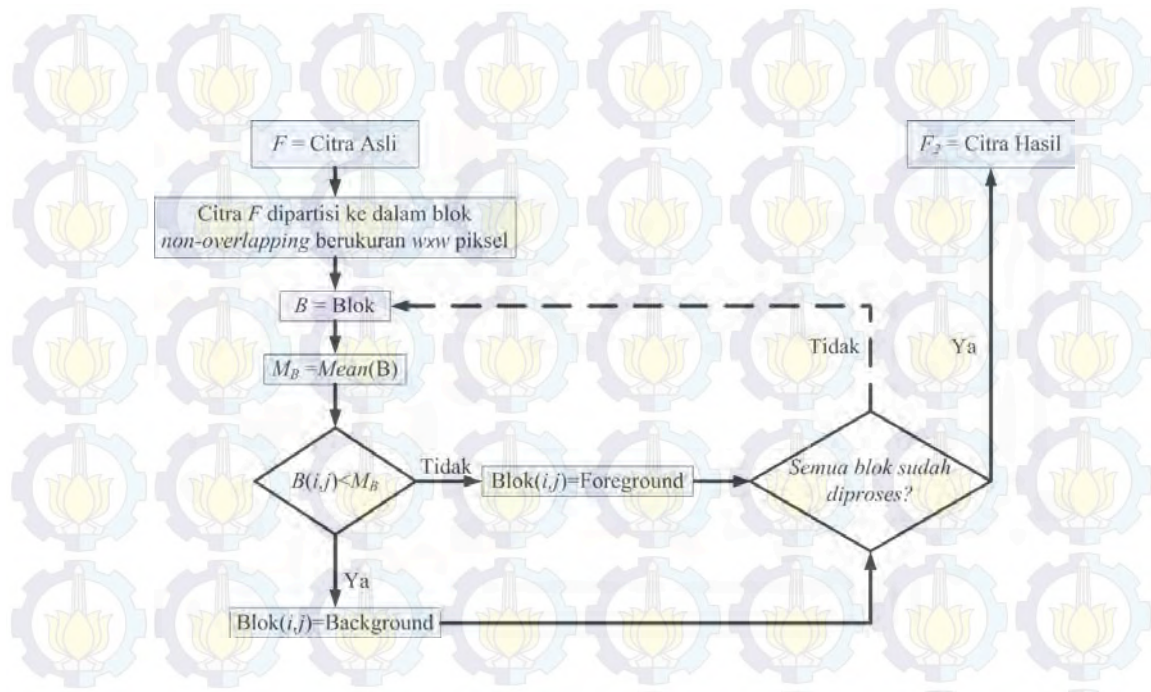
Rata-rata nilai intensitas tingkat keabuan citra mengindikasikan tingkat keabuan citra secara umum (Yun dan Cho, 2006). Oleh karena itu, apabila rata-rata nilai intensitas tingkat keabuan citra secara lokal diketahui, maka mengindikasikan tingkat keabuan lokal citra.

Segmentasi adaptif citra sidik jari dilakukan berdasarkan ukuran rata-rata intensitas tingkat keabuan lokal dengan membagi citra ke dalam beberapa blok berukuran $w \times w$ piksel. Rata-rata tingkat keabuan lokal dari sebuah blok citra sidik jari didefinisikan pada persamaan (2.5).

$$M_B = \frac{1}{w^2} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^w F(i, j) \quad (2.5)$$

di mana M_B adalah rata-rata tingkat keabuan lokal citra F pada blok berukuran $w \times w$ piksel. Koordinat piksel diwakili oleh i dan j . Proses segmentasi citra sidik jari berdasarkan rata-rata intensitas keabuan lokal citra dijelaskan pada Gambar 2.10.

Gambar 2.10. menjelaskan bahwa citra sidik jari F dipartisi ke dalam blok *non-overlapping* berukuran $w \times w$ piksel. Untuk setiap blok, nilai rata-rata intensitas citra dihitung berdasarkan persamaan (2.5). Kemudian setiap blok disegmentasi berdasarkan distribusi nilai rata-rata intensitas lokal citra. Jika intensitas citra F pada blok di koordinat piksel (i, j) kurang dari rata-rata intensitas citra per blok (M_B), maka citra hasil F_2 pada koordinat tersebut diberi nilai 0 dan selain itu diberi nilai 1. Proses ini dilakukan pada semua piksel. Contoh citra hasil proses segmentasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.10. Proses Segmentasi Adaptif Citra Sidik Jari Berdasarkan Rata-rata Intensitas Keabuan Lokal Citra Sidik Jari



Gambar 2.11. Segmentasi Adaptif Citra Sidik Jari Berdasarkan Rata-rata Intensitas Keabuan Lokal Citra Sidik Jari (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi

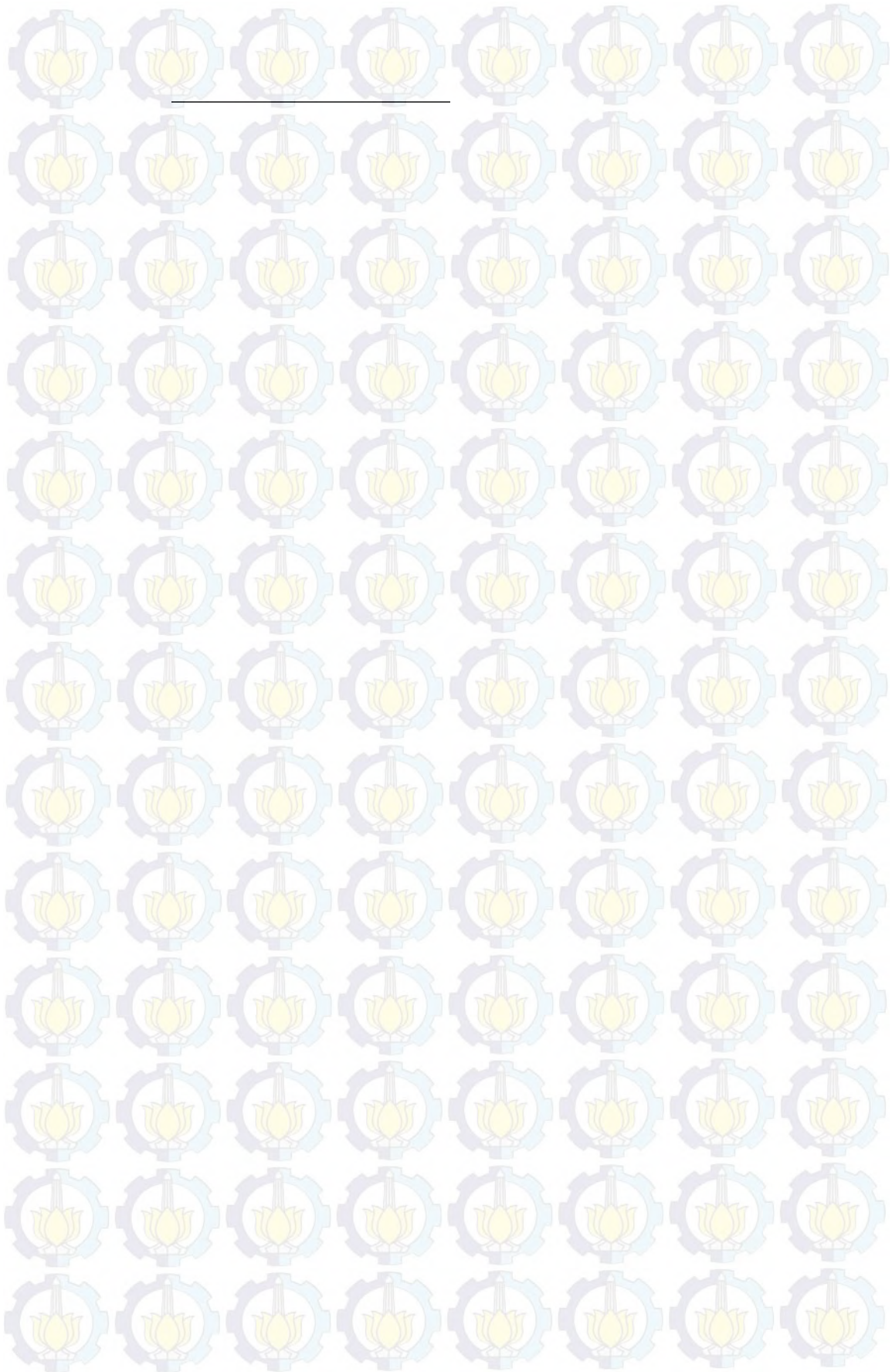
2.5.4. Segmentasi Adaptif Citra Sidik Jari Berbasis Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari

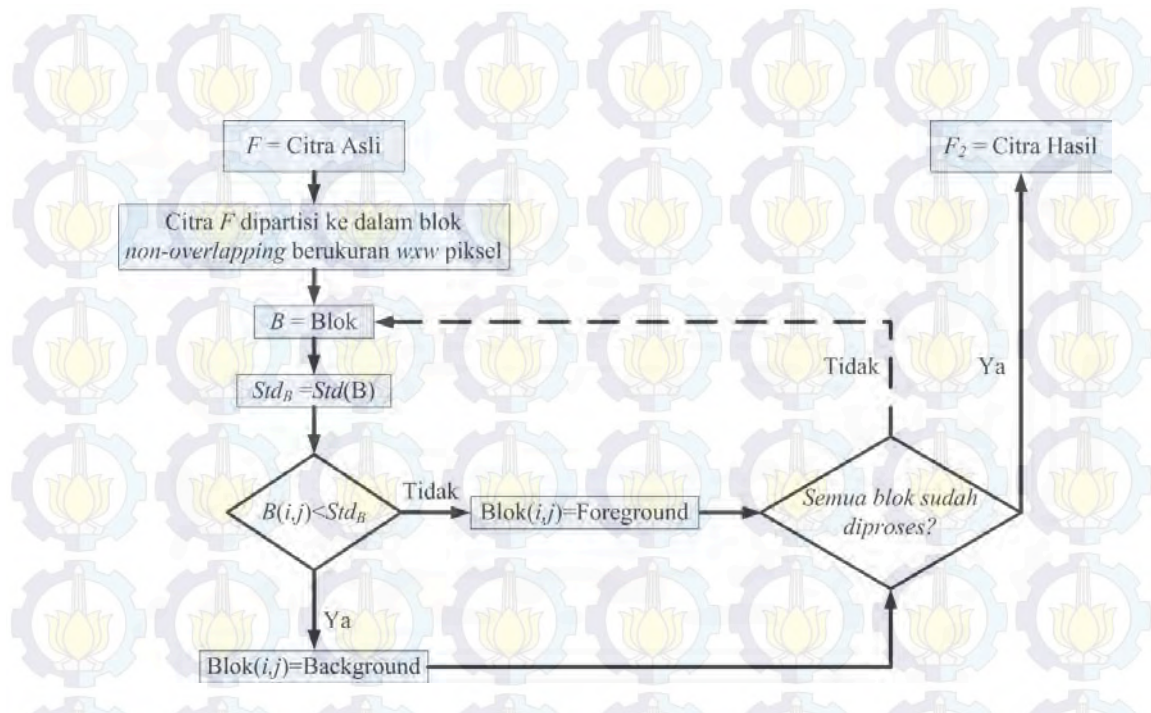
Segmentasi adaptif citra sidik jari dilakukan dengan membagi citra ke dalam blok-blok *non-overlapping* berukuran $w \times w$ piksel dan nilai standar deviasi citra setiap blok dihitung menggunakan persamaan (2.6). Jika nilai standar deviasinya kurang dari nilai standar deviasi lokal maka blok tersebut dianggap sebagai bagian area *background*, jika tidak maka dianggap sebagai *foreground*. Proses ini dilakukan hingga ke seluruh blok piksel pada citra sidik jari. Gambaran tentang proses segmentasi adaptif citra sidik jari berdasarkan standar deviasi keabuan lokal citra dijelaskan pada Gambar 2.12. Contoh citra hasil proses segmentasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.13.

$$Std_B = \sqrt{\frac{1}{w^2} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^w (F(i, j) - M_B)^2} \quad (2.6)$$

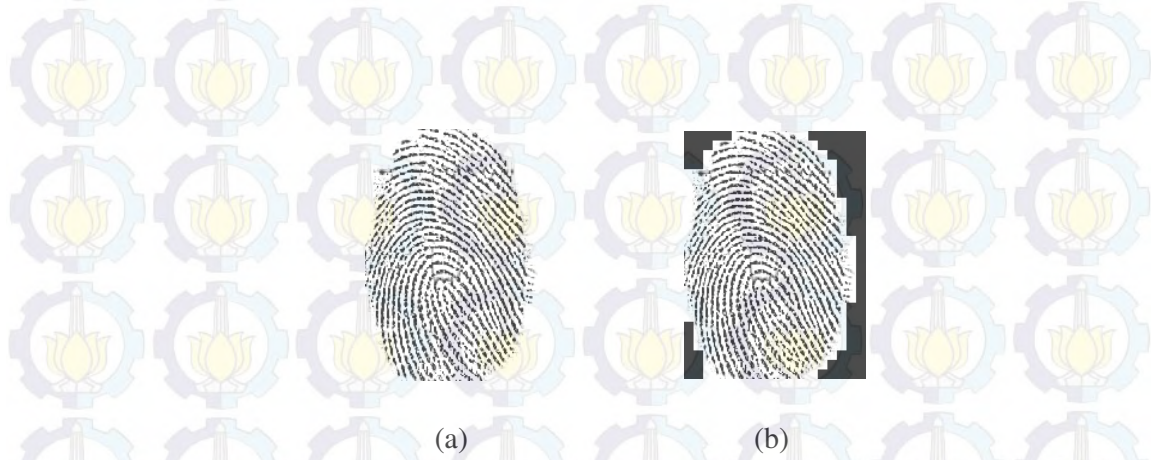
di mana Std_B adalah standar deviasi lokal citra F pada blok berukuran $w \times w$. Koordinat piksel diwakili oleh i dan j . M_B adalah rata-rata tingkat keabuan lokal citra F .

Gambar 2.12. menjelaskan bahwa citra sidik jari F dipartisi ke dalam blok *non-overlapping* berukuran $w \times w$ piksel. Untuk setiap blok, standar deviasi citra sidik jari dihitung berdasarkan persamaan (2.5). Kemudian setiap blok disegmentasi berdasarkan nilai standar deviasi lokal citra. Jika standar deviasi lokal citra F pada blok di koordinat piksel (i, j) kurang dari nilai standar deviasi citra sidik jari per blok (Std_B), maka citra sidik jari hasil F_2 pada koordinat tersebut diberi nilai 0 dan selain itu diberi nilai 1. Proses ini dilakukan pada semua piksel. Contoh citra hasil proses segmentasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.13.





Gambar 2.1. Proses Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari

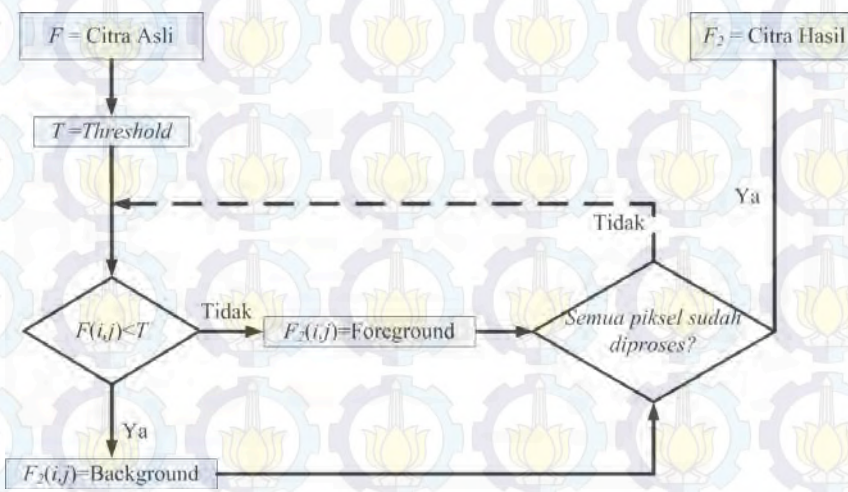


Gambar 2.2. Segmentasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi

2.1.1. Segmentasi Citra Sidik Jari dengan *Fixed Threshold*

Segmentasi citra sidik jari dengan *fixed threshold* dilakukan dengan tahapan yang sama dengan proses segmentasi citra sidik jari berbasis rata-rata

intensitas keabuan global citra. Perbedaannya hanya terletak pada nilai *threshold* yang digunakan. Bila segmentasi citra sidik jari berbasis rata-rata intensitas keabuan global citra digunakan nilai rata-rata intensitas keabuan global citra sebagai *thresholdnya*, maka pada segmentasi citra sidik jari dengan *fixed threshold* ini digunakan *threshold* dengan nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Segmentasi dengan *fixed threshold* dalam penelitian ini dilakukan dengan nilai *threshold* mulai dari 110 s.d 200 dengan deret 10.



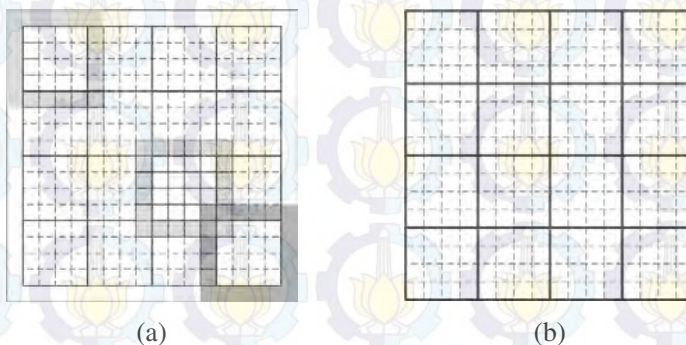
Gambar 2.3. Proses Segmentasi Citra Sidik Jari dengan *Fixed Threshold*



Gambar 2.4. Segmentasi Citra Sidik Jari dengan *Fixed Threshold* (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Segmentasi

2.2. Pembagian Blok Citra Sidik Jari

Perhitungan komponen citra secara lokal, biasanya dilakukan dengan membagi citra ke dalam beberapa blok. Pembagian blok citra memiliki dua model, yakni pembagian blok yang saling tumpang-tindih (*overlapping*) dan pembagian blok yang tidak saling tumpang-tindih (*non-overlapping*) (Gonzales, 2002). Pada model yang saling tumpang-tindih, antara satu blok dengan blok yang lain memiliki piksel yang saling tumpang-tindih sebagaimana pada Gambar 2.16 (a) terlihat bagian gambar yang berwarna abu-abu menunjukkan bagian yang saling tumpang-tindih. Model yang tidak saling tumpang tindih, blok satu dengan yang lainnya tidak memiliki piksel yang saling tumpang-tindih sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.16 (b).

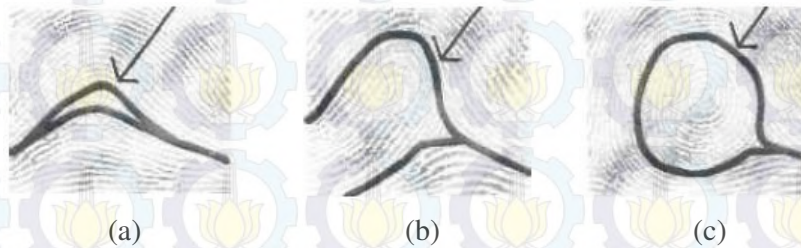


Gambar 2.5. Model Pembagian Blok Citra (a) *Overlapping* (b) *Non-Overlapping*

2.3. Klasifikasi Citra Sidik Jari

Klasifikasi citra sidik jari telah menjadi topik yang menarik dan banyak dilakukan oleh para peneliti. Penelitian ilmiah pertama dan sangat populer tentang klasifikasi sidik jari dilakukan oleh F. Galton pada tahun 1892, yang membagi

sidik jari pada tiga kelas. Kemudian E.R Henry pada tahun 1900, memperbaharui klasifikasi Galton dengan menambah jumlah kelas. Skema klasifikasi inilah yang akhirnya digunakan oleh agen-agen polisi. Klasifikasi dilakukan berdasarkan pola garis (*ridge*) dan lembah (*valley*) sidik jari yang diklasifikasikan menjadi tiga kelas utama, yaitu: *Arch*, *Loop* dan *Whorl* (Prabhakar). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.6. Klasifikasi Jenis Sidik Jari (a) *Arch*, (b) *Loop*, dan (c) *Whorl*

Dari klasifikasi ini dapat di bagi menjadi beberapa subklasifikasi (Prabhakar), yaitu:

1. *Arch* dibagi menjadi *arch* dan *tented arch*, dari beberapa populasi *arch* mempunyai persentase sebesar 5%.
2. *Loop* dibagi menjadi *left loop*, *right loop* dan *double loop*. Berbeda dengan *arch*, jumlah individu yang mempunyai klasifikasi *loop* sangat besar yaitu sebesar 60%.
3. *Whorl* pada klasifikasi ini jumlah persentase individu sebesar 35%.

Seiring dengan perkembangan penelitian yang dilakukan oleh para peneliti diseluruh dunia, penelitian tentang klasifikasi sidik jari telah dilakukan dari berbagai pendekatan. Diantaranya adalah berdasarkan kualitas citra sidik jari.

Penelitian tentang klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari ini dilakukan berdasarkan pendekatan analisis kualitas citra.

Klasifikasi distorsi akuisisi sidik jari sangat erat kaitannya dengan identifikasi sidik jari. Identifikasi sidik jari merupakan metode dalam mencocokkan data input sidik jari terhadap semua data acuan (*template*). Ada beberapa langkah sebelum melakukan pencocokan citra sidik jari, diantaranya:

1. Akuisisi data, adalah penerjemahan data dari suatu sensor ke dalam bit-bit data sidik jari. Ada beberapa metode dalam akuisisi data diantaranya: *an inked fingerprint*, *a latent fingerprint* dan *a live scan fingerprint*. *An inked fingerprint* adalah pengambilan data dengan memberikan tinta pada ujung jari untuk di tempelkan ke suatu kertas putih, selanjutnya kertas putih tersebut di-*scan* dan dimasukkan ke database. Sedangkan *a latent fingerprint* adalah metode yang banyak digunakan dalam mendeteksi masalah kriminal dimana pengambilan data dilakukan pada suatu barang bukti kriminal yang di berikan bubuk atau cairan kimia, dan kemudian di foto untuk mendapatkan sidik jari. *A live scan fingerprint* adalah suatu alat yang *embedded* dalam suatu aplikasi dimana alat ini mengambil data sidik jari pengguna secara langsung dengan menempelkan sidik jari ke alat tersebut. Akuisisi data penelitian ini menggunakan metode *live scan fingerprint*.
2. Ekstraksi fitur, adalah ekstraksi bit-bit data ke dalam parameter-parameter sesuai dengan metode yang digunakan dalam pencocokan. Pada metode *minutiae*, bit-bit data di ekstraksi ke dalam vektor *minutiae*, metode *image matching based phase correlation* bit-bit data diterjemahkan ke dalam komponen Fourier.

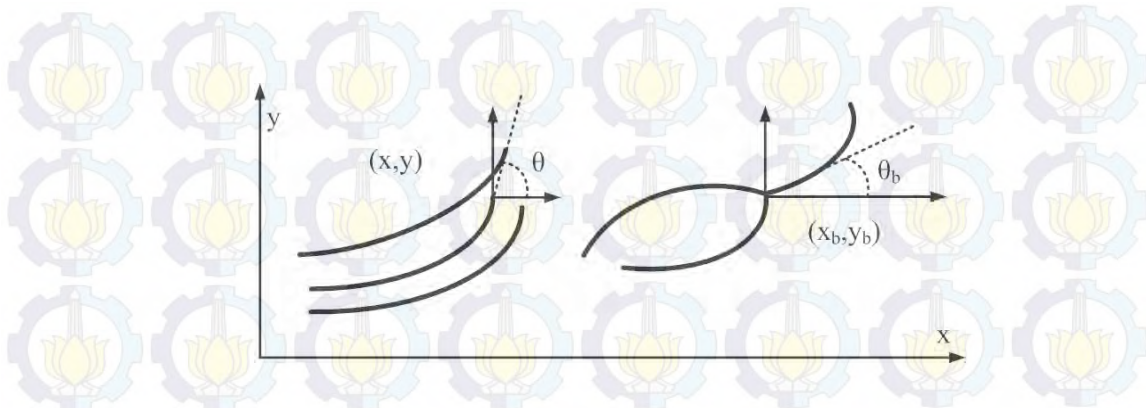
3. Pengambilan keputusan, adalah membandingkan antara ekstraksi data masukan dan data *template* yang dihasilkan apakah data benar atau salah.

Banyak metode identifikasi sidik jari yang telah dikembangkan, diantaranya: metode *minutiae-based* adalah metode yang mencocokkan berdasar pada vektor ekstraksi *minutiae* (vektor *ridge ending* dan *ridge bifurcation* sidik jari masukan terhadap sidik jari *template*) dan metode *image-matching* adalah metode yang mencocokkan berdasar pada pencocokan dua buah citra sidik jari. Penggolongan metode tersebut berdasarkan pada bagaimana cara mencocokkan sidik jari.

Minutiae-based mempunyai keunggulan dalam kecepatan proses karena jumlah data yang dicocokkan berbentuk vektor dengan ukuran yang relatif kecil dibandingkan dengan metode *image-matching*, namun akurasi data lebih rendah dari metode *image-matching*. Sebaliknya metode *image-matching* mempunyai keunggulan dari sisi akurasi data yang lebih tinggi dari metode *minutiae-based*, tetapi lambat dari sisi kecepatan proses. Klasifikasi distorsi akuisisi sidik jari ini termasuk ke dalam golongan metode *image-matching* (Jain, dkk., 2000).

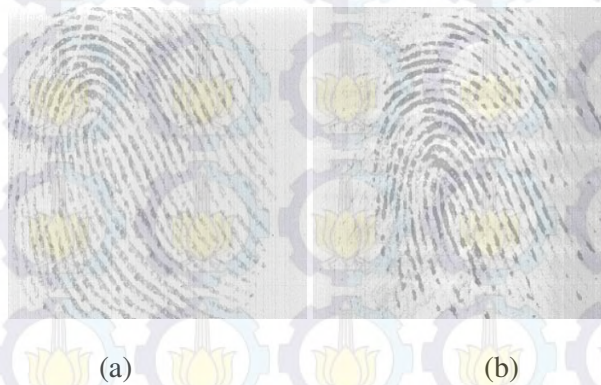
2.3.1. *Minutiae*

Minutiae adalah vektor dari *ridge-ending* dan *ridge-bifurcation* sebuah sidik jari. Sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.7. Vektor Minutiae *Ridge-Ending* (x,y,θ) dan *Ridge-Bifurcation* (Maltoni, 2003)

Untuk mendapatkan hasil ekstraksi *minutiae* yang akurat, diperlukan suatu metode perbaikan citra. Hal ini disebabkan oleh akuisisi data yang seringkali menghasilkan data citra dengan kualitas kurang baik (distorsi akuisisi). Salah satu metode perbaikan citra adalah *recovered* terhadap ridge. Gambar 2.19 merupakan contoh sidik jari dengan kualitas yang baik dan kurang baik:



Gambar 2.8. Citra Sidik Jari dengan Kualitas yang Berbeda (a) Citra Berkualitas Baik (b) Citra Berkualitas Kurang Baik

Vektor *minutiae* mempunyai dua jenis *ridge* yaitu *ridge ending* dan *ridge bifurcation*. Vektor *ridge ending* adalah lokasi koordinat x , y dan sudut θ dari ujung garis jari. Sedangkan Vektor *ridge bifurcation* adalah koordinat x , y dan

sudut θ dari garis jari yang berbentuk cabang. Untuk menentukan suatu lokasi dari *ridge ending* dan *bifurcation* dalam suatu citra sidik jari adalah dengan melihat pixel tetangga dari suatu *pixel* citra setelah dilakukan proses *skeletonized*. Jika suatu *pixel* Z mempunyai pixel tetangga, $X1, X2, \dots, Xk$. Suatu *pixel* dikategorikan sebagai *ridge ending* jika *pixel* tersebut mempunyai kondisi sebagaimana persamaan (2.7).

$$\sum_{k=1}^8 |Z(k+1) - Z(k)| = 2, Z(9) = Z(1) \quad (2.1)$$

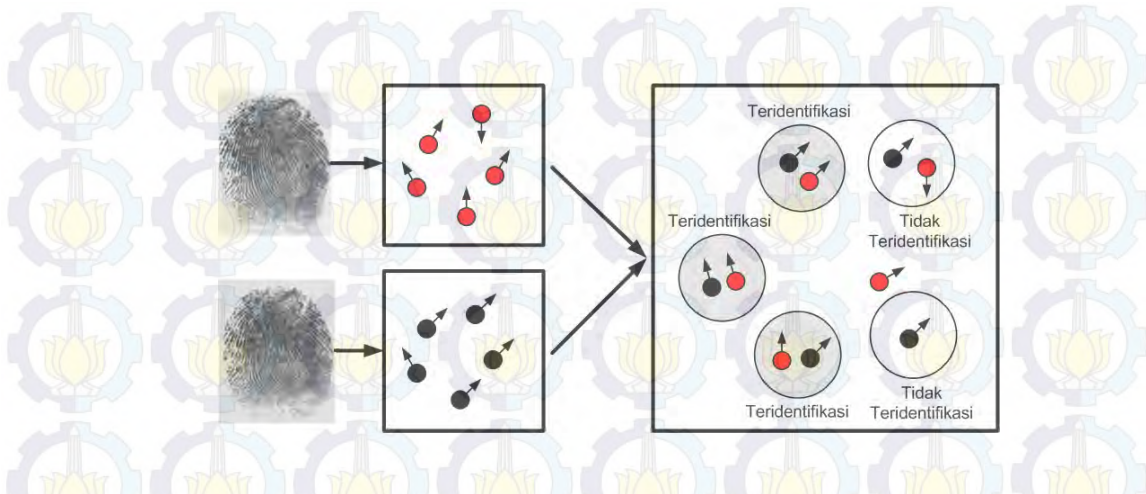
Sedangkan suatu *pixel* dikategorikan sebagai *ridge bifurcation* jika hubungan *pixel* dan *pixel* tetangganya memenuhi kondisi pada persamaan (2.8).

$$\sum_{k=1}^8 |Z(k+1) - Z(k)| = 6, Z(9) = Z(1) \quad (2.2)$$

2.3.2. *Minutiae Matching*

Minutiae matching adalah proses pencocokan vektor *minutiae* dari query sidik jari dengan vektor *minutiae* yang ada pada database.

Gambar 2.20 menunjukkan *minutiae* pada *query* digambarkan dengan warna hitam sedangkan *minutiae* pada database digambarkan dengan warna merah. Jika *minutiae* pada database mempunyai lokasi (x,y) dan sudut yang sama atau hampir sama dengan *minutiae input* dianggap teridentifikasi. Daerah yang berwarna biru muda menunjukkan vektor *minutiae query* bersesuaian dengan vektor *minutiae* sidik jari pada database. Korelasi antara vektor *minutiae* masukan dan vektor *minutiae template* dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.9).



Gambar 2.9. *Minutiae matching* dari sampel sidik jari masukan dan database *template*

$$P = \frac{100 M_{PQ}}{M_Q} \quad (2.3)$$

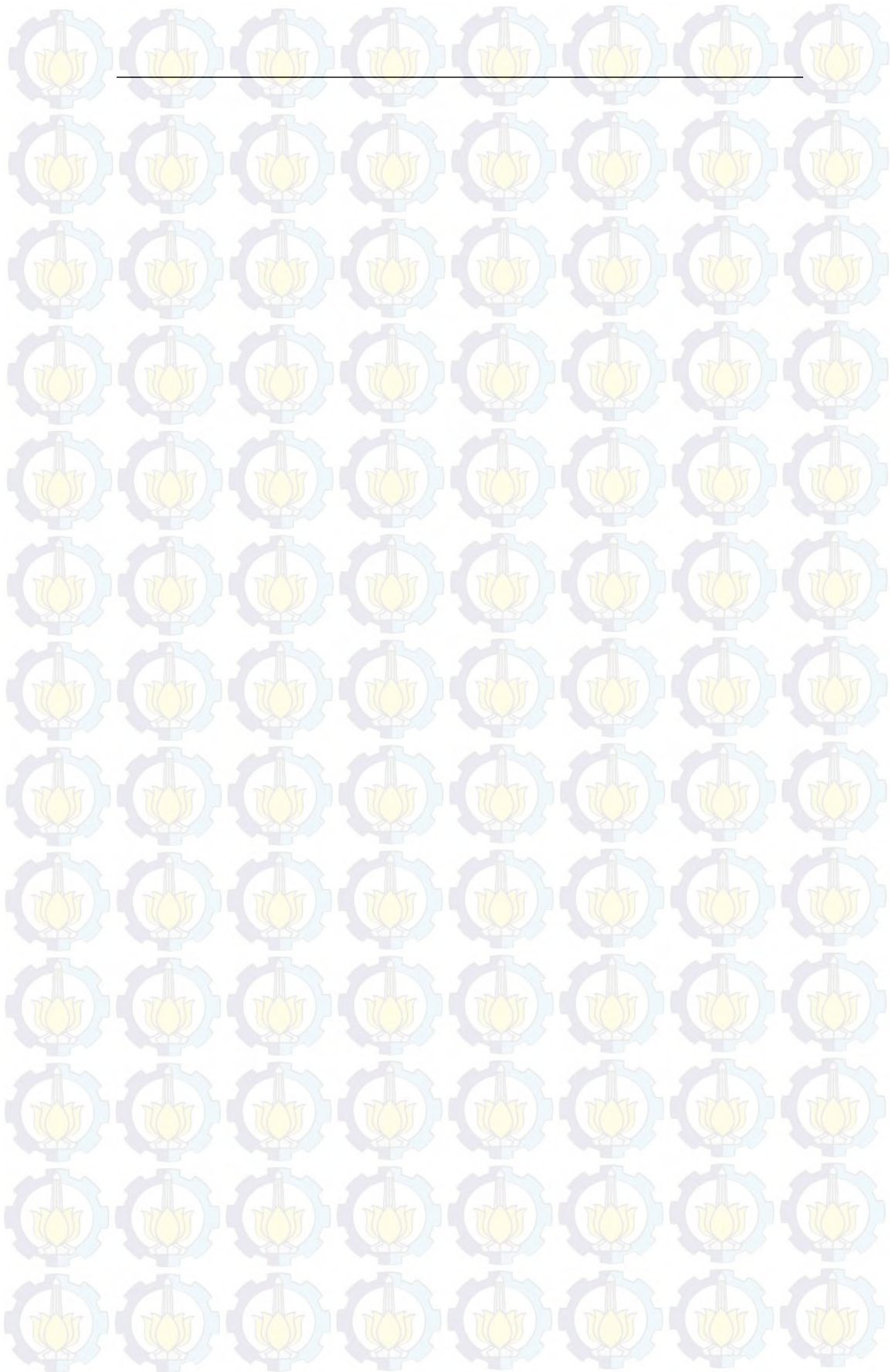
P = Korelasi antara vektor *minutiae* masukan dan vektor *minutiae template*

M_{PQ} = Jumlah vektor *minutiae query* dan *template* yang bersesuaian

M_Q = Jumlah vektor *minutiae query*

Beberapa faktor penyebab sehingga penilaian pada vektor *minutiae* tidak dapat dilakukan adalah karena:

1. Faktor usia, yakni garis sidik jari terlihat tidak jelas seperti pada orang tua.
2. Faktor kecelakaan, sehingga menyebabkan hilangnya garis-garis jari pada sidik jari.
3. Faktor cuaca, sehingga garis-garis jari tidak jelas pada individu yang tinggal pada cuaca yang sangat kering.
4. Faktor keturunan.



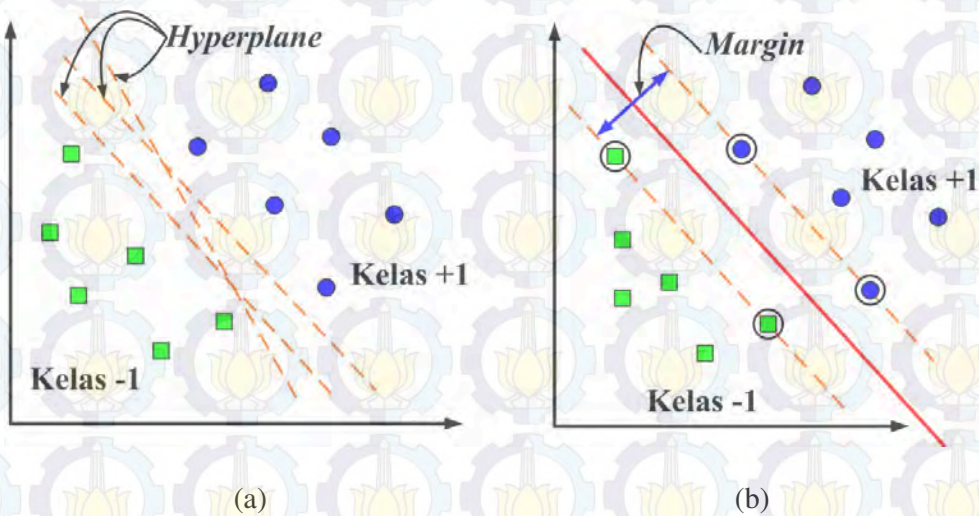
Keempat faktor di atas menjadi penyebab kualitas citra pada akuisisi data sangat jelek. Dari seratus populasi, akuisisi data yang jelek adalah dua sampai lima persen.

2.1. Metode Klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM)

Salah satu metode yang akhir-akhir ini banyak mendapat perhatian sebagai *state of the art* dalam pengenalan pola adalah *Support Vector Machine* (SVM) (Tsuda, 2000; Byun dan Lee, 2003). SVM adalah metode *learning machine* yang bekerja atas prinsip *Structural Risk Minimization* (SRM) dengan tujuan menemukan *hyperplane* terbaik yang memisahkan dua buah *class* pada ruang *input* (Nugroho, dkk., 2003), berbeda dengan strategi *neural network* yang berusaha mencari *hyperplane* pemisah antar *class*. SVM dikembangkan oleh Vapnik, Guyon, dan Boser. Pertama kali dipresentasikan di *Annual Workshop on Computational Learning Theory* pada tahun 1992. Pada dasarnya konsep SVM adalah kombinasi harmonis dari teori-teori komputasi yang telah ada sebelumnya, seperti *margin* dan *hyperplane* oleh (Duda dan Hart, 1973; Vapnik, 1964; Cover, 1965), *kernel* diperkenalkan oleh Aronszajn pada tahun 1950; demikian pula dengan konsep-konsep pendukung lainnya. Prinsip dasar SVM adalah *linear classifier* dan dikembangkan agar dapat bekerja pada masalah non-linear dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi (Vapnik, 1998; Hsu dan Lin, 2002; Wang, dkk., 2007).

Konsep SVM sebagai usaha mencari *Hyperplane* dalam ruang vektor berdimensi d adalah sub ruang *affine* berdimensi $d-1$ yang membagi ruang vector tersebut ke dalam dua bagian, yang masing-masing berkorespondensi pada *class*

yang berbeda (Christiani dan Taylor, 2000). Gambar 2.21-(a) memperlihatkan beberapa pola yang merupakan anggota dari dua buah *class* : +1 dan -1. Pola yang tergabung pada *class* -1 disimbolkan dengan kotak berwarna hijau, sedangkan pola pada *class* +1, disimbolkan dengan lingkaran berwarna biru. Masalah klasifikasi dapat diterjemahkan dengan usaha menemukan *hyperplane* yang memisahkan antara kedua kelompok. Berbagai alternatif garis pemisah ditunjukkan pada Gambar 2.21-(a). *Hyperplane* pemisah terbaik antara kedua *class* dapat ditemukan dengan mengukur *margin hyperplane* dan mencari titik maksimumnya. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* dengan pola terdekat dari masing-masing *class*. Pola yang paling dekat ini disebut sebagai *support vector*. Garis solid pada Gambar 2.21-(b) menunjukkan *hyperplane* terbaik, yaitu terletak tepat dibagian tengah-tengah kedua *class*, sedangkan titik hijau dan biru yang berada dalam lingkaran hitam adalah *support vector*. Usaha untuk mencari lokasi *hyperplane* ini merupakan inti dari proses pembelajaran pada SVM.



Gambar 2.1. Usaha SVM dalam Menemukan Hyperplane Terbaik yang Memisahkan Class -1 dan +1 (a) Alternatif Bidang Pemisah (b) *Hyperplane* Terbaik dengan Margin Terbesar (Christiani dan Taylor, 2000)

Data yang tersedia dinotasikan sebagai $\vec{x}_i \in Q^d$ sedangkan label masing-masing dinotasikan $y_i \in \{-1,+1\}$ untuk $i=1,2, \dots, l$, dimana l adalah banyaknya data. Diasumsikan kedua *class* -1 dan +1 dapat terpisah secara sempurna oleh *hyperplane* berdimensi d , yang didefinisikan pada persamaan (2.10).

$$\vec{u} \cdot \vec{x}_i + b = 0 \quad (2.1)$$

Pola \vec{x}_i yang termasuk *class* -1 (sampel negatif) dapat dirumuskan sebagai pola yang memenuhi pertidaksamaan (2.11).

$$\vec{u} \cdot \vec{x}_i + b \leq -1 \quad (2.2)$$

sedangkan pola \vec{x}_i yang termasuk *class* +1 (sampel positif) dirumuskan sebagai pola yang sesuai dengan pertidaksamaan (2.12).

$$\vec{u} \cdot \vec{x}_i + b \geq +1 \quad (2.3)$$

Margin terbesar dapat ditemukan dengan memaksimalkan nilai jarak antara *hyperplane* dan titik terdekatnya, yaitu $1/\|\vec{u}\|$. Hal ini dapat dirumuskan sebagai masalah *quadratic programming* (QP), yakni mencari titik minimal berdasarkan persamaan (2.13) dengan memperhatikan batasan pada persamaan (2.14).

$$\min_{\vec{u}} \tau(\vec{u}) = \frac{1}{2} \|\vec{u}\|^2 \quad (2.4)$$

$$y_i(\vec{x}_i \cdot \vec{u} + b) - 1 \geq 0, \quad \forall i \quad (2.5)$$

Masalah ini dapat diselesaikan dengan berbagai cara komputasi, salah satunya adalah Lagrange multiplier berdasarkan persamaan (2.15).

$$L(\vec{u}, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|\vec{u}\|^2 - \sum_{i=1}^l \alpha_i (y_i (\vec{x}_i \cdot \vec{u} + b) - 1), \quad i = 1, 2, \dots, l \quad (2.6)$$

α_i adalah Lagrange multiplier, yang bernilai nol atau positif ($\alpha_i \geq 0$). Nilai optimum dari persamaan (2.15) dapat dihitung dengan meminimalkan L terhadap \bar{u} dan b , dan memaksimalkan L terhadap α_i . Dengan memperhatikan sifat bahwa pada titik optimal gradient $L=0$, persamaan (2.15) dapat dimodifikasi sebagai upaya memaksimalkan masalah yang hanya mengandung α_i saja, sebagaimana persamaan (2.16).

Maximize:

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j \bar{x}_i \cdot \bar{x}_j \quad (2.7)$$

Sub ke:

$$\alpha_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, l) \quad \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0 \quad (2.8)$$

Dari hasil perhitungan ini diperoleh α_i yang kebanyakan bernilai positif.

Data yang berkorelasi dengan α_i yang positif inilah yang disebut sebagai *support vector*.

➤ **Soft Margin**

Penjelasan di atas berdasarkan asumsi bahwa kedua *class* dapat terpisah secara sempurna oleh *hyperplane*. Akan tetapi, pada umumnya dua buah *class* pada ruang input tidak dapat terpisah secara sempurna. Hal ini menyebabkan batasan pada persamaan (2.14) tidak dapat terpenuhi, sehingga optimasi tidak dapat dilakukan. Untuk mengatasi masalah ini, SVM dirumuskan ulang dengan memperkenalkan teknik *soft margin*. Dalam *soft margin*, persamaan (2.14)

dimodifikasi dengan memasukkan *slack variabel* ξ_i ($\xi_i > 0$) sebagaimana persamaan (2.18)

$$y_i(\vec{x}_i \cdot \vec{u} + b) \geq 1 - \xi_i, \quad \forall i \quad (2.9)$$

Dengan demikian persamaan (2.13) dimodifikasi menjadi persamaan (2.19).

$$\min_{\vec{u}} \tau(\vec{u}, \xi) = \frac{1}{2} \|\vec{u}\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i \quad (2.10)$$

Parameter C dipilih untuk mengontrol *trade-off* antara margin dan kesalahan klasifikasi ξ . Nilai C yang besar berarti akan memberikan penalti yang lebih besar terhadap kesalahan klasifikasi.

2.1.1. SVM Multi Class

SVM saat pertama kali diperkenalkan oleh Vapnik, hanya dapat mengklasifikasikan data ke dalam dua kelas (klasifikasi biner). Namun, penelitian lebih lanjut terus dilakukan untuk mengembangkan SVM sehingga bisa mengklasifikasi data yang memiliki lebih dari dua kelas. Ada dua pilihan untuk mengimplementasikan multi class SVM yaitu dengan menggabungkan beberapa SVM biner atau menggabungkan semua data yang terdiri dari beberapa kelas ke dalam sebuah bentuk permasalahan optimasi. Namun, pada pendekatan yang kedua permasalahan optimasi yang harus diselesaikan jauh lebih rumit. Metode yang umum digunakan untuk mengimplementasikan multi class SVM dengan pendekatan yang pertama, yakni metode *one-against-all*, *one-against-one*, dan DAGSVM (*Directed Acyclic Graph Support Vector Machine*).

2.1.1.1. One-Against-All

Metode ini digunakan dengan membangun k buah model SVM biner (k adalah jumlah kelas). Setiap model klasifikasi ke- i dilatih dengan menggunakan keseluruhan data, untuk mencari solusi permasalahan sebagaimana pada persamaan (2.20).

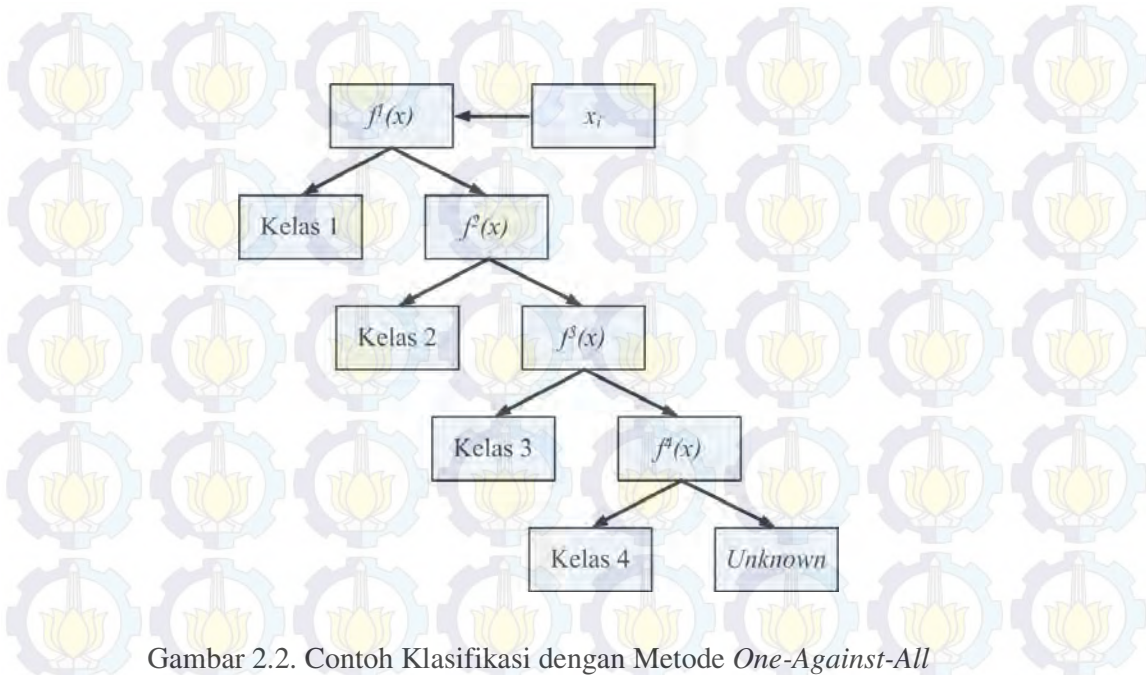
$$K(\vec{x}_i, x) = (\gamma \vec{x}_i^T + r)^p, \quad \gamma > 0 \quad (2.11)$$

Misalkan terdapat permasalahan klasifikasi dengan 4 buah kelas. Untuk pelatihan digunakan 4 buah SVM biner seperti pada Tabel 2.1 dan penggunaannya dalam mengklasifikasi data baru dapat dilihat pada Gambar 2.22.

$$\begin{aligned} \min_{\vec{u}^i, b^i, \xi_j^i} & \frac{1}{2} (\vec{u}^i)^T \vec{u}^i + C \sum_i \xi_i^i \\ \text{s.t.} & (\vec{u}^i)^T \phi(x_t) + b^i \geq 1 - \xi_t^i \rightarrow y_t = i, \\ & (\vec{u}^i)^T \phi(x_t) + b^i \geq -1 + \xi_t^i \rightarrow y_t \neq i, \quad \xi_t^i \geq 0 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Tabel 2.1. Contoh 4 SVM Biner dengan Metode *One-Against-All*

$y_i=1$	$y_i=-1$	Hipotesis
Kelas 1	Bukan kelas 1	$f^1(x)=(\vec{u}^1)x+b^1$
Kelas 2	Bukan kelas 2	$f^2(x)=(\vec{u}^2)x+b^2$
Kelas 3	Bukan kelas 3	$f^3(x)=(\vec{u}^3)x+b^3$
Kelas 4	Bukan kelas 3	$f^4(x)=(\vec{u}^4)x+b^4$



Gambar 2.2. Contoh Klasifikasi dengan Metode *One-Against-All*

2.1.1.2. *One-Against-One*

Bila menggunakan metode ini, dibangun $k(k-1)/2$ buah model klasifikasi biner (k adalah jumlah kelas). Setiap model klasifikasi dilatih pada data dari dua kelas. Untuk data pelatihan dari kelas ke- i dan ke- j , dilakukan pencarian solusi untuk permasalahan optimasi konstrain sebagaimana pada persamaan (2.22).

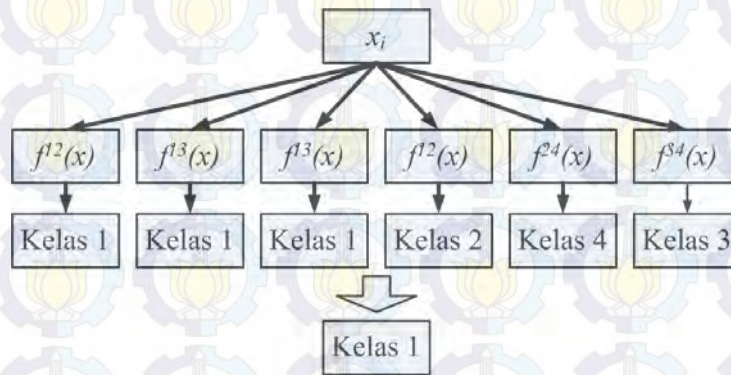
$$\begin{aligned}
 & \min_{u^{ij}, b^{ij}, \xi_t^{ij}} \frac{1}{2} (u^{ij})^T u^{ij} + C \sum_t \xi_t^{ij} \\
 & s.t. (u^{ij})^T \phi(x_t) + b^{ij} \geq 1 - \xi_t^{ij} \rightarrow y_t = i, \\
 & (u^{ij})^T \phi(x_t) + b^{ij} \geq -1 + \xi_t^{ij} \rightarrow y_t \neq i, \quad \xi_t^{ij} \geq 0 \quad (2.13)
 \end{aligned}$$

Terdapat beberapa metode untuk melakukan pengujian setelah keseluruhan $k(k-1)/2$ model klasifikasi selesai dibangun. Salah satunya adalah metode voting (Hsu dan Lin, 2002).

Jika data x dimasukkan ke dalam fungsi hasil pelatihan $f(x)=(u^i)^T \phi(x)+b$ dan hasilnya menyatakan x adalah kelas i , maka suara untuk kelas i ditambah satu. Kelas dari data x akan ditentukan dari jumlah suara terbanyak. Jika terdapat dua buah kelas yang jumlah suaranya sama, maka kelas yang indeksnya lebih kecil dinyatakan sebagai kelas dari data. Jadi pada pendekatan ini terdapat $k(k-1)/2$ buah permasalahan *quadratic programming* yang masing-masing memiliki $2n/k$ variabel (n adalah jumlah data pelatihan). Contohnya, terdapat permasalahan klasifikasi dengan 4 buah kelas. Oleh karena itu, digunakan 6 buah SVM biner seperti pada Tabel 2.2 dan contoh penggunaannya dalam memprediksi kelas data baru dapat dilihat pada Gambar 2.23.

Tabel 2.2. Contoh 6 SVM Biner dengan Metode *One-Against-One*

$y_i=1$	$y_i=-1$	Hipotesis
Kelas 1	Kelas 2	$f^{12}(x)=(\bar{u}^{12})x+b^{12}$
Kelas 1	Kelas 3	$f^{13}(x)=(\bar{u}^{13})x+b^{13}$
Kelas 1	Kelas 4	$f^{14}(x)=(\bar{u}^{14})x+b^{14}$
Kelas 2	Kelas 3	$f^{23}(x)=(\bar{u}^{23})x+b^{23}$
Kelas 2	Kelas 4	$f^{24}(x)=(\bar{u}^{24})x+b^{24}$
Kelas 3	Kelas 4	$f^{34}(x)=(\bar{u}^{34})x+b^{34}$



Gambar 2.3. Contoh Klasifikasi dengan Metode *One-Against-One*

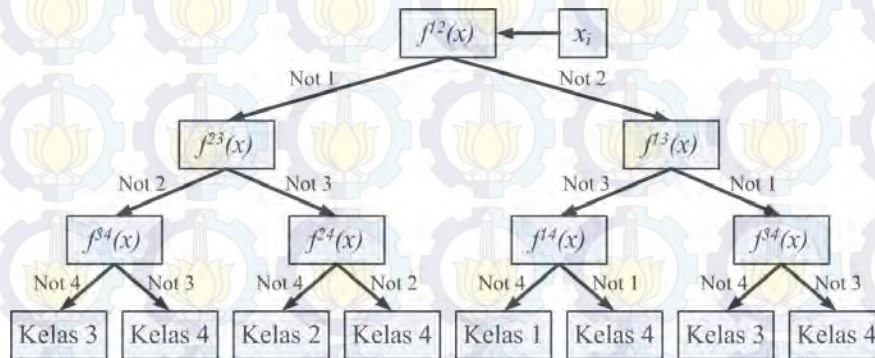
2.1.1.3. *Directed Acyclic Graph Support Vector Machine (DAGSVM)*

Pelatihan dengan metode ini sama dengan metode *One-Against-One*, yaitu dengan membangun $k(k-1)/2$ buah model klasifikasi SVM biner. Akan tetapi pada saat pengujian digunakan *binary directed acyclic graph*. Setiap *node* merupakan model SVM biner dan kelas ke- i dan kelas ke- j . Pada saat memprediksi kelas data pengujian, hipotesis dievaluasi mulai dari simpul akar kemudian bergerak ke kiri atau ke kanan tergantung nilai output dari hipotesis.

Contoh klasifikasi dengan metode DAGSVM dapat dilihat pada Gambar 2.24.

Tabel 2.3. Contoh 6 SVM Biner dengan Metode DAGSVM

$y_i=1$	$y_i=-1$	Hipotesis
Bukan Kelas 2	Bukan Kelas 1	$f^{12}(x)=(u^{12})x+b^{12}$
Bukan Kelas 3	Bukan Kelas 1	$f^{13}(x)=(u^{13})x+b^{13}$
Bukan Kelas 4	Bukan Kelas 1	$f^{14}(x)=(u^{14})x+b^{14}$
Bukan Kelas 3	Bukan Kelas 2	$f^{23}(x)=(u^{23})x+b^{23}$
Bukan Kelas 4	Bukan Kelas 2	$f^{24}(x)=(u^{24})x+b^{24}$
Bukan Kelas 4	Bukan Kelas 3	$f^{34}(x)=(u^{34})x+b^{34}$



Gambar 2.4. Contoh Klasifikasi dengan Metode DAGSVM

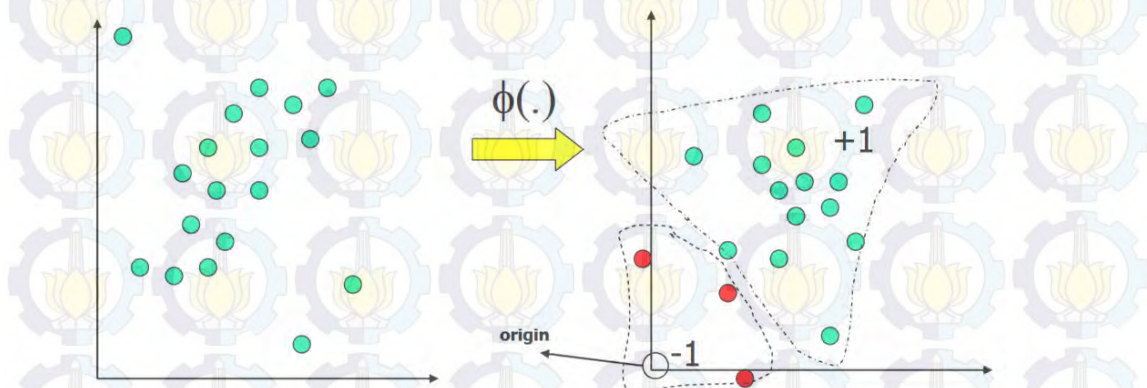
2.1.2. One Class SVM

One Class SVM adalah pengembangan dari SVM yang diusulkan oleh (Schölkopf dan Bernhard, 2001), yang dapat digunakan untuk permasalahan *density destination*. Dengan menggunakan teknik ini, SVM dapat digunakan pada data set yang memiliki label. Teknik *One Class SVM* mengidentifikasi *outlier* diantara contoh data positif dan menggunakannya sebagai contoh data negatif.

Misalkan terdapat dataset yang memiliki *probability distribution G* dalam ruang fitur kita ingin mengestimasi subset S pada ruang fitur sehingga probabilitas sebuah data pengujian yang diambil dari G terletak di luar S , dibatasi oleh sebuah nilai v . Solusi dari permasalahan ini diperoleh dengan mengestimasi sebuah fungsi yang bernilai positif pada S dan negatif pada komplemen S . Dengan kata lain fungsi tersebut bernilai $+1$ pada sebuah area "kecil" yang memuat hampir semua data dan bernilai -1 jika berada di luar area tersebut. Hal ini dirumuskan pada persamaan (2.23).

$$f(x) = \begin{cases} +1, & \text{jika } x \in S \\ -1, & \text{jika } x \notin S \end{cases} \quad (2.14)$$

Prinsip dari teknik ini adalah mentransformasikan vektor input ke dalam ruang fitur sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.25 dengan menggunakan fungsi kernel, *origin* dianggap sebagai satu-satunya data negatif. Kemudian, dengan menggunakan "relaxation parameter", data yang bukan *outlier* dipisahkan dari *origin*. Selanjutnya prinsip kerja algoritma ini sama saja dengan klasifikasi biner pada SVM dengan tujuan mencari bidang pemisah terbaik yang memisahkan data dari *origin* dengan margin terbesar.



Gambar 2.5. Transformasi ke Ruang Fitur

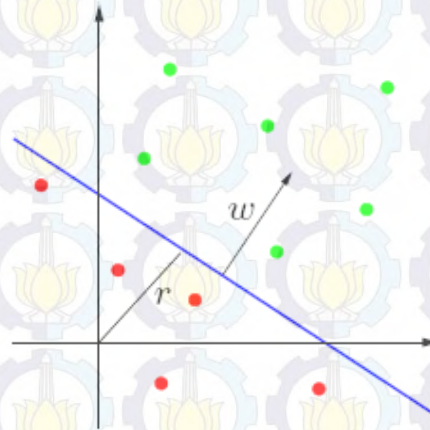
Persoalan pencarian bidang pemisah ini secara matematis adalah persamaan (2.24), dimana ξ_i adalah penalti terhadap data anomali yang terletak pada sisi bidang pemisah yang salah (sisi tempat data normal) dan v adalah parameter yang mengatur *trade-off* antara memaksimalkan margin dari *origin* dan mencakup sebagian besar data pada daerah yang dibuat bidang pemisah dengan rasio *outlier* yang terdapat pada data pelatihan (seperti parameter C pada SVM untuk klasifikasi).

$$\min \frac{1}{2} |u|^2 + \frac{1}{vn} \sum_{i=1}^n \xi_i - r$$

$$s.t. (u \cdot \phi(x_i)) \geq r - \xi_i,$$

$$\xi_i \geq 0$$

(2.15)



Gambar 2.6. One Class SVM

$$\min \sum_{i=1, j=1}^n \alpha_i \alpha_j K(x_i, x_j), \quad s.t. \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \quad 0 \leq \alpha_i \leq \frac{1}{vn} \quad (2.16)$$

Gambar 2.27 menggambarkan pemisahan dengan *One Class SVM*. Dari hasil pelatihan, akan diperoleh nilai parameter α_i , kemudian nilai r dapat dihitung dari persamaan (2.26). Hasil dari proses pembelajaran adalah sebuah fungsi pada persamaan (2.27).

$$r = \sum \alpha_j K(x_i, x_j) \quad (2.17)$$

$$f(x) = \sum_i \alpha_i K(x_i, x) - r, \quad x_i = \text{support vector} \quad (2.18)$$

2.2. Sistem Biometrik

Alphonse Bertillon adalah pemberi ide untuk menggunakan *body measurement* untuk mengatasi kriminal, yang mana *body measurement* dapat digunakan sebagai bukti dari pelaku kriminal. Selain untuk kepentingan bukti kriminal, *body measurement* digunakan pula sebagai suatu pengenalan identitas. Hal ini disebabkan oleh karena banyaknya masalah pada pemalsuan identitas, yang mana para pemalsu identitas dapat mengakses suatu fasilitas yang bukan haknya, seperti mengakses suatu fasilitas keuangan dalam sebuah bank.

Penggunaan *body measurement* selanjutnya dikenal dengan istilah sistem biometrik, yaitu teknologi yang memanfaatkan kondisi fisik dan tingkah laku dari seorang individu sebagai suatu identitas. Hal ini disebabkan oleh karena tidak ada individu yang mempunyai bentuk fisik dan tingkah laku yang identik sempurna.

Keuntungan dari aplikasi sistem biometrik adalah pengguna tidak perlu menghafal suatu kode tertentu (*knowledge based*) atau pengguna tidak perlu menggunakan suatu alat (*traditional token*) sebagai identitas. Misalnya pada penggunaan ATM *fingerprint*, penarikan uang tidak membutuhkan kartu ATM dan sebuah PIN. Keuntungan dari sisi keamanan adalah sulit dalam pembobolan dan pemalsuan PIN, lebih efisien karena mengurangi *password maintenance* komputer. Contoh aplikasi sistem biometrik dapat dilihat pada Tabel 2.4.

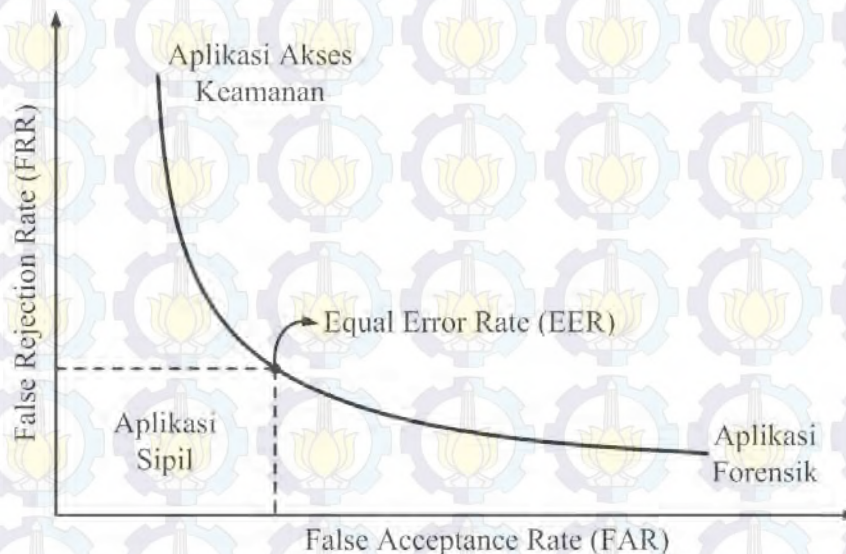
Sistem biometrik bersifat unik, namun mempunyai keterbatasan dalam akurasi. Hal ini disebabkan oleh sensor yang digunakan pada sistem biometrik berbeda-beda. Sensor dengan sensitivitas rendah menyebabkan akurasi sistem biometrik tidak sempurna, misalnya kesalahan dalam menerima pemalsu atau *impostor* (*False Acceptance Rate*) dan kesalahan dalam menolak *user* yang

seharusnya (*False Rejection Rate*). Nilai *False Acceptance Rate* (FAR) dan *False Rejection Rate* (FRR) tergantung dari *system operating point* atau *threshold* yang diterapkan dalam sistem biometrik. Hal ini merupakan salah satu tantangan bagi peneliti bagaimana membuat metode yang baik dalam melakukan perbaikan kualitas citra sidik jari sebagai suatu sistem biometrik.

Tabel 2.4. Aplikasi Biometrik pada Forensik, Sipil dan Komersial

Forensik	Sipil	Komersial
<i>Corpse identification</i>	Identitas penduduk	ATM
Investigasi kriminal	Surat izin mengemudi	Kontrol akses
<i>Parent hood determination</i>	Welfare disbursement	Telepon seluler
	<i>Border crossing</i>	Kartu kredit

Sumber: (Jain, dkk., 2000).



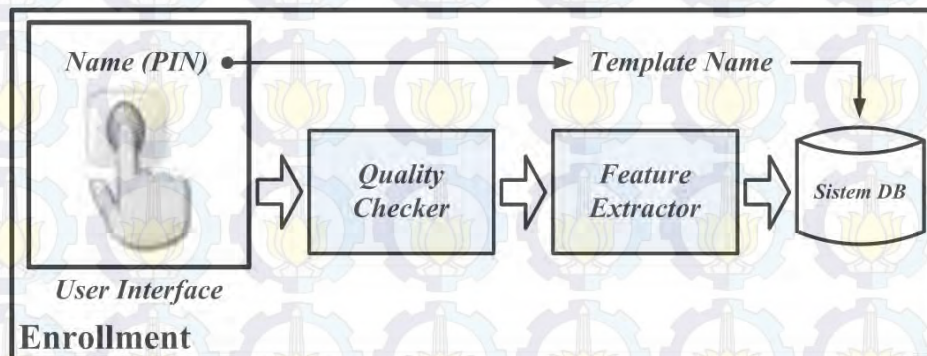
Gambar 2.7. Perbedaan FAR dan FRR dari Aplikasi Sidik Jari (Jain, dkk., 2004)

Keterbatasan lain dari sistem biometrik adalah sangat sulit membedakan antara individu satu dengan individu yang lain. Hal ini disebabkan oleh karena ada

beberapa individu yang mempunyai identitas biometrik yang hampir sama.

Gambar 2.27 menggambarkan perbedaan penerapan nilai FAR dan FRR pada aplikasi sipil dan forensik.

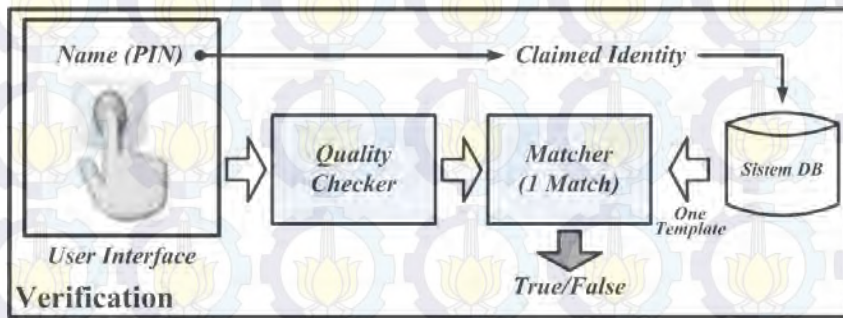
Beberapa istilah dalam sistem biometrik, antara lain adalah *enrollment*, verifikasi, dan identifikasi. *Enrollment* adalah proses pemasukan data dari parameter biometrik, misalnya proses *enrollment* pada sidik jari adalah proses pemasukan data parameter *minutiae* ke dalam database. Hal ini dijelaskan pada Gambar 2.28.



Gambar 2.8. Proses *Enrollment* Sidik Jari (Maltoni, dkk., 2009)

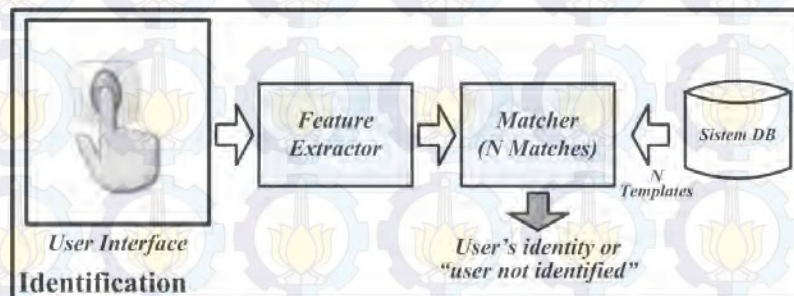
Sistem verifikasi adalah suatu sistem yang membandingkan data pada database terhadap data masukan dengan memasukkan kode pin terlebih dahulu.

Dengan demikian hanya membandingkan dua buah data, yaitu data *template* pada database terhadap data masukan yang menghasilkan data benar atau salah. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.29.



Gambar 2.9. Proses Verifikasi Sidik Jari (Maltoni, dkk., 2009)

Sistem identifikasi adalah suatu proses yang membandingkan data masukan dengan semua data *template* biometrik pada sistem database. Karena sistem identifikasi harus membandingkan semua data, maka proses identifikasi membutuhkan sistem pemrosesan yang lebih kompleks dan waktu proses yang lebih lama dari pada sistem verifikasi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.30.



Gambar 2.10. Proses *Identification* Sidik Jari (Maltoni, dkk., 2009)

Kualitas kehandalan identifikasi menggunakan biometrik ditentukan oleh nilai:

1. *False Acceptance Rate* (FAR) adalah nilai perbandingan antara jumlah data biometrik yang dipalsukan diterima dengan jumlah data biometrik.

Jika ada beberapa sample sidik jari yang diukur FAR-nya, maka FAR total dari sidik jari tersebut dihitung berdasarkan persamaan (2.28).

$$FAR = 1/N \sum_{n=1}^N FAR(n) \quad (2.19)$$

2. *False Rejection Rate* (FRR) adalah nilai perbandingan jumlah data biometrik yang benar ditolak dengan jumlah data biometrik yang benar. Jika ada beberapa sample sidik jari yang diukur FRR-nya maka FRR total dari sidik jari tersebut dihitung berdasarkan persamaan (2.29).

$$FRR = 1/N \sum_{n=1}^N FRR(n) \quad (2.20)$$

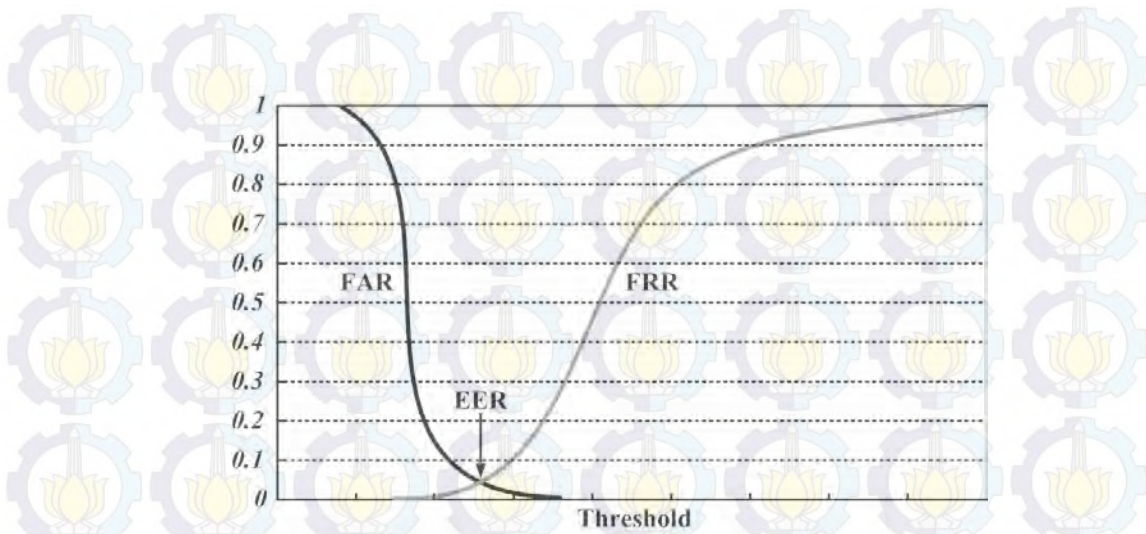
3. *Failure To Enroll* (FTE) adalah nilai perbandingan jumlah data biometrik yang tidak dapat di *Enroll* di masukkan database dengan jumlah data biometrik yang dapat di *Enroll* ke database.

Jika ada beberapa sample sidik jari yang diukur FRR-nya maka FRR total dari sidik jari tersebut dihitung berdasarkan persamaan (2.30).

$$FTE = 1/N \sum_{n=1}^N FTE(n) \quad (2.21)$$

4. *Equal Error Rate* (ERR) adalah ukuran kualitas dari sistem biometrik yang digunakan untuk membandingkan kualitas dari sistem biometrik yang lain.

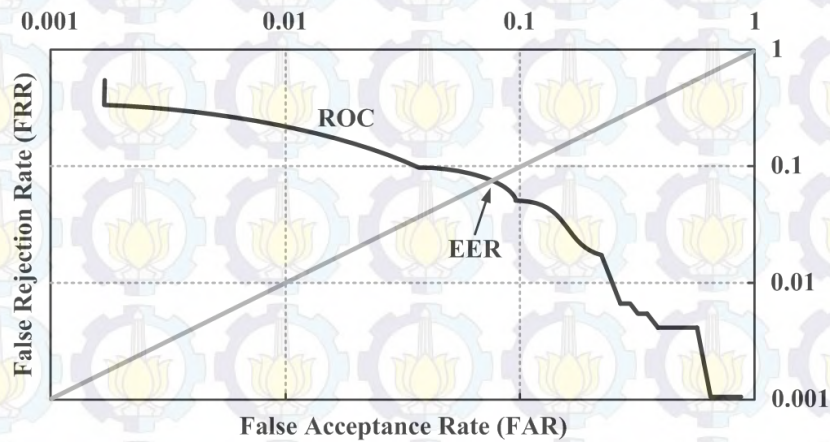
ERR didapat dari titik pertemuan antara grafik FAR dan FRR terhadap suatu threshold sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2.31.



Gambar 2.11. Titik Pertemuan Antara Grafik FAR dan FRR Terhadap *Threshold* (Reid, 2003)

Selain itu nilai EER juga dapat diperoleh dari grafik *Receiver Operating Characteristic* (ROC), yaitu grafik hubungan nilai FRR terhadap nilai FAR.

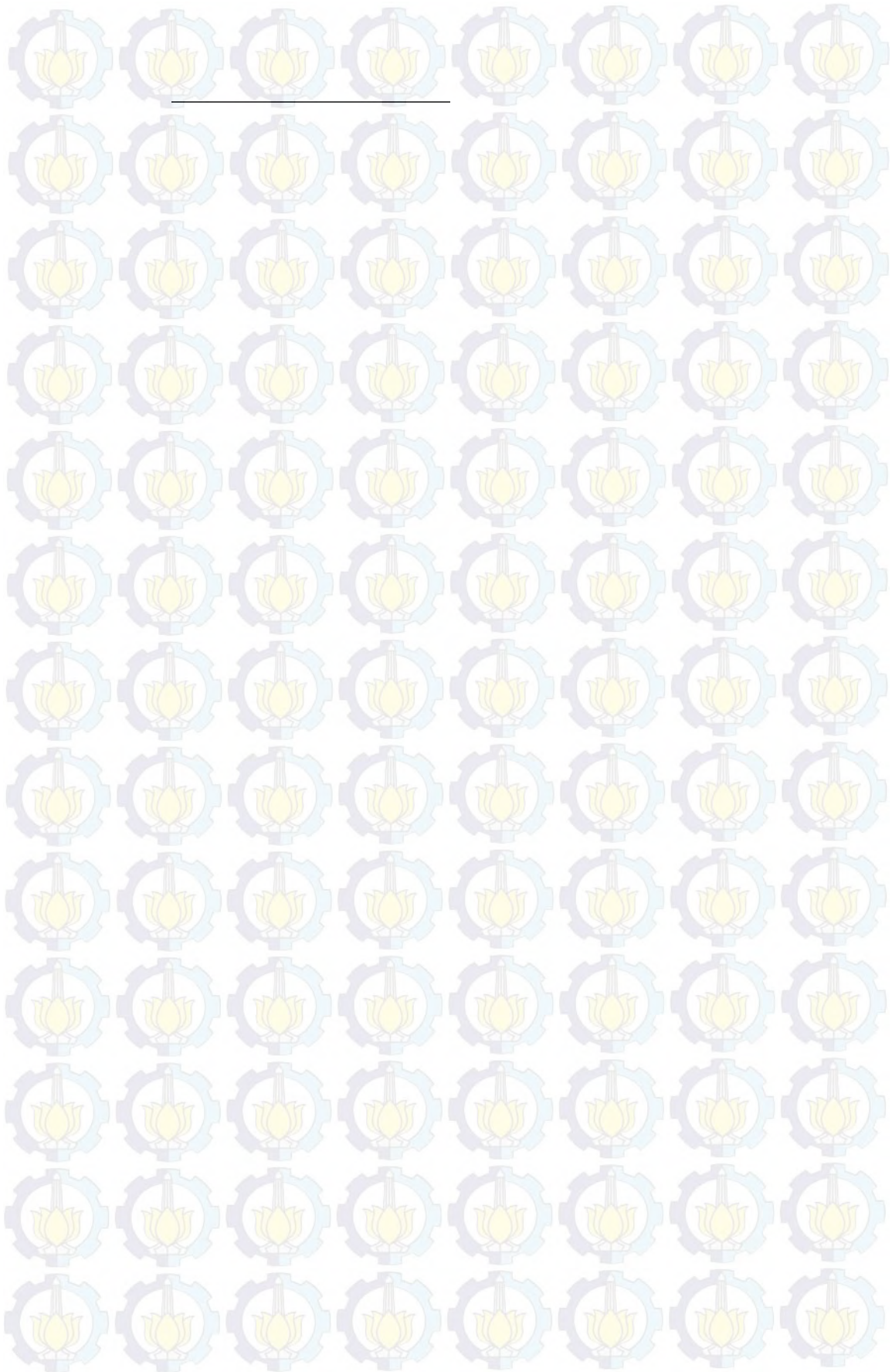
Nilai EER pada grafik ROC berada pada titik dengan nilai FAR dan FRR yang sama sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.32.



Gambar 2.12. Grafik *Receiver Operating Characteristic* (Reid, 2003)



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan.



BAB 3

POHON PENELITIAN DAN EKSTRAKSI FITUR CITRA SIDIK JARI

3.1. Pohon Penelitian

Kerangka penelitian didasarkan pada konsep sebab akibat (*fishbone*).

Gambaran tentang pohon penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram *Fishbone* Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari

Diagram *fishbone* pada Gambar 3.1. dijelaskan perkembangan penelitian klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari yang dimulai dari akuisisi, segmentasi, ekstraksi fitur citra sidik jari sampai pada tahap klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari. Dengan adanya klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari ini maka dapat ditentukan metode perbaikan kualitas citra sidik jari yang terdistorsi.

3.2. Posisi Penelitian dari Penelitian Terdahulu

Perkembangan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu terhadap penelitian yang disusun dalam disertasi ini dijelaskan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perbandingan Penelitian Terdahulu Terhadap Penelitian yang Dilakukan dalam Disertasi

No	Klasifikasi Sidik Jari	Penelitian Terdahulu	Penelitian dalam Disertasi Ini
1	Klasifikasi sidik jari berdasarkan pada kualitas citra dari sisi ukuran: <i>poor</i> , <i>good</i> , dan <i>excellent</i> .	Sudah dilakukan penelitian pada referensi: • Bhuyan dan Bhattacharya, 2009	
2	Klasifikasi sidik jari berdasarkan pada analisis <i>singularities</i> dan <i>traced pseudoridge</i> .	Sudah dilakukan penelitian pada referensi: • Yun dan Cho, 2009	
3	Klasifikasi sidik jari ke dalam lima kelas: <i>arch</i> , <i>tented arch</i> , <i>left loop</i> , <i>right loop</i> , dan <i>whorl</i> yang didasarkan pada kebenaran pasangan dari <i>singularities</i> .	Sudah dilakukan penelitian pada referensi: • Zang, dkk., 2009	
4	Memperkirakan kualitas citra sidik jari untuk format <i>wavelet scalar quantization</i> (WSQ) dari citra-citra yang telah dikompresi	Sudah dilakukan penelitian pada referensi: • Ratha, dkk., 1996	

No	Klasifikasi Sidik Jari	Penelitian Terdahulu	Penelitian dalam Disertasi Ini
	dan bukan untuk kasus citra sidik jari secara umum.		
5	Klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari berdasarkan ukuran kualitas citra ke dalam tiga kategori: kering, netral, dan berminyak.	Belum dilakukan penelitian	Dilakukan pada Bab 5.
6	Perbaikan kualitas citra sidik jari kering	Dilakukan penelitian oleh grup riset (Tesis S2).	Dicantumkan pada Bab 5, dengan referensi: <ul style="list-style-type: none"> • Motwakel, dkk., 2010
7	Perbaikan kualitas citra sidik jari berminyak	Dilakukan penelitian oleh grup riset (Tesis S2).	Dicantumkan pada Bab 5, dengan referensi: <ul style="list-style-type: none"> • Syakri, dkk., 2009

Penelitian ini dilakukan dengan empat tahapan utama, yakni segmentasi, ekstraksi fitur, analisis kualitas citra, dan klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari. Segmentasi citra sidik jari adalah pemisahan latar depan terhadap latar belakang citra.

Beberapa metode segmentasi yang sangat penting, yakni: segmentasi citra sidik jari berbasis nilai intensitas rata-rata citra secara global, nilai standar deviasi citra secara global, segmentasi secara adaptif berbasis nilai intensitas rata-rata maupun nilai standar deviasi citra secara lokal, dan segmentasi dengan *fixed threshold* (mulai dari 110 s.d 200) diimplementasikan dalam penelitian ini.

Sebuah metode *adaptif* dibangun dengan pra perhitungan koefisien-koefisien bobot untuk segmentasi citra sidik jari citra sidik jari.

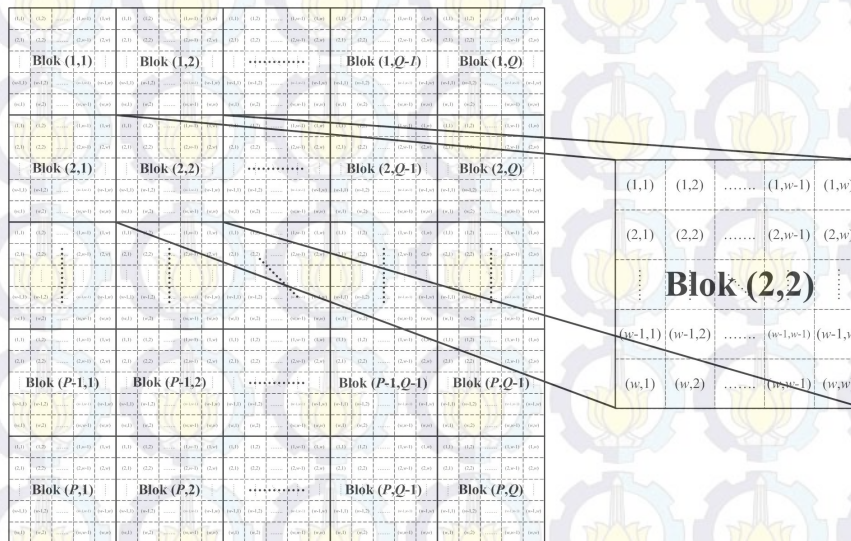
3.3. Data yang Digunakan dalam Penelitian

Citra sidik jari yang digunakan dalam penelitian ini diambil menggunakan alat sensor sidik jari jenis U.are.U 4000B Digital Persona (jenis optical sensor). Data citra sidik jari bersumber dari 71 orang dengan berbagai latar belakang pekerjaan (mahasiswa, dosen, karyawan, buruh, petani) yang diambil berdasarkan standar yang digunakan oleh lembaga kompetisi verifikasi sidik jari internasional (*Fingerprint Verification Competition*) yakni dengan 8 kali (posisi) pengambilan citra sidik jari per orang untuk masing-masing jenis (kering, netral, dan berminyak), sehingga dihasilkan sejumlah 1704 ($71 \times 8 \times 3 = 1704$) citra. Agar dihasilkan sidik jari yang benar-benar kering digunakan *hair-dryer* untuk mengeringkan ujung jari sebelum dilakukan pengambilan sidik jari. Supaya mendapatkan sidik jari yang benar-benar berminyak digunakan baby-oil yang dilumurkan secara merata pada ujung jari sebelum pengambilan sidik jari. Sidik jari netral diambil dengan kondisi ujung jari apa adanya. Citra yang dihasilkan berupa citra keabuan dengan format bitmap (bmp) berukuran 208x154 piksel. Data citra sidik jari yang dihasilkan ini selanjutnya disimpan dengan nama DB_ITS_2009.

3.4. Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari

Fitur sebuah citra adalah informasi unik yang dimiliki oleh sebuah citra. Fitur digunakan untuk mengukur kualitas citra. Enam jenis fitur dalam penelitian ini digunakan sebagai dasar penentuan kualitas citra agar bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari. Adapun fitur-fitur yang diekstraksi adalah rata-rata intensitas keabuan (*RR*), nilai varians (*VAR*), standar

deviasi (*STD*), nilai koherensi (*KOH*), skor kejelasan ridge-valley (*CS*), dan rasio ketebalan ridge-valley (*TR*) citra. Untuk mendapatkan fitur yang dimiliki oleh citra sidik jari, maka fitur diekstraksi secara lokal menggunakan pembagian blok citra yang diujicoba dengan blok berukuran $w=8$ piksel. Secara rinci pembagian blok piksel yang digunakan dapat dijelaskan berdasarkan Gambar 3.2.

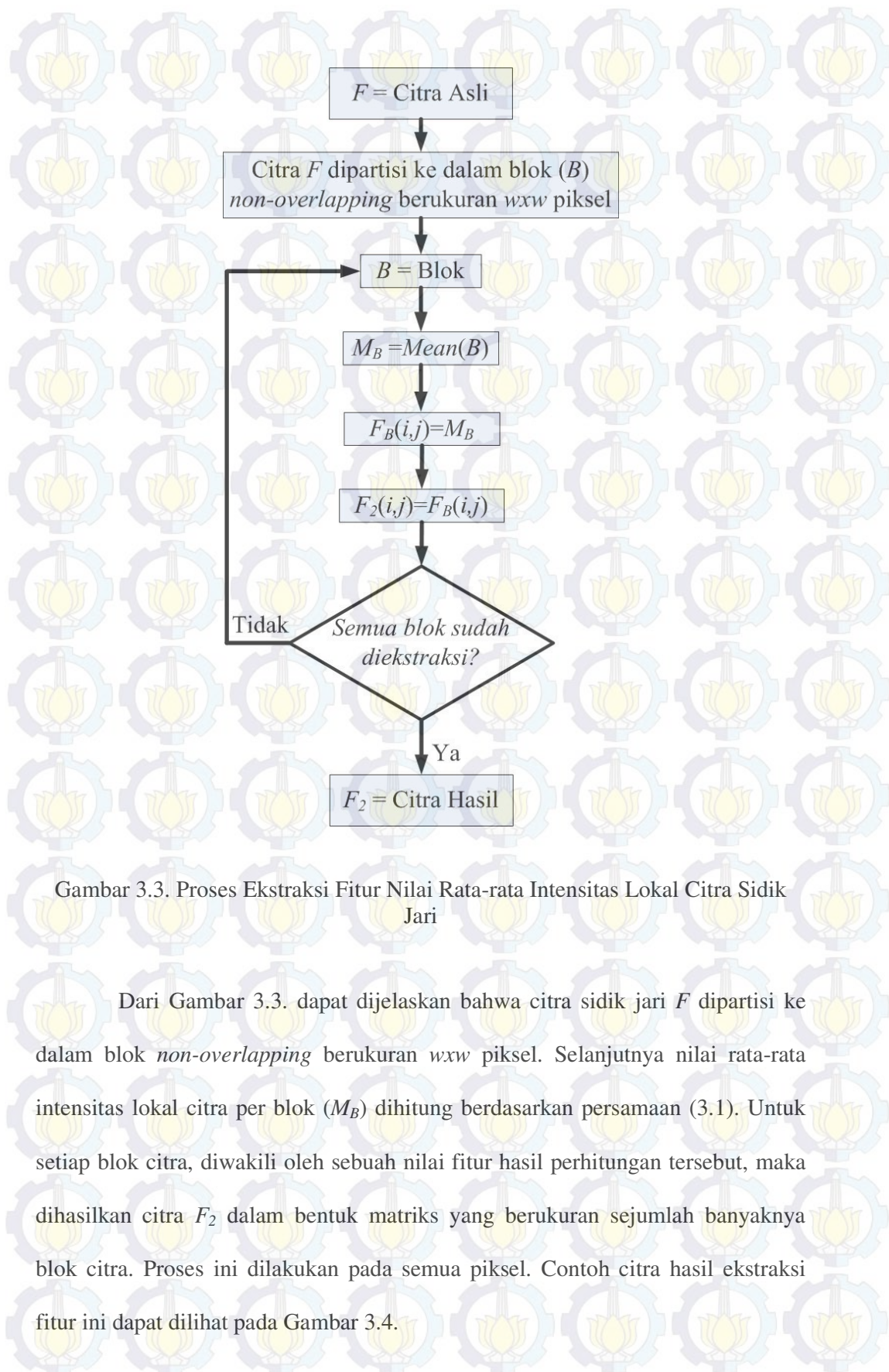


Gambar 3.2. Pembagian Blok Piksel Citra untuk Ekstraksi Fitur

3.4.1. Ekstraksi Fitur Rata-rata Intensitas Lokal Citra Sidik Jari

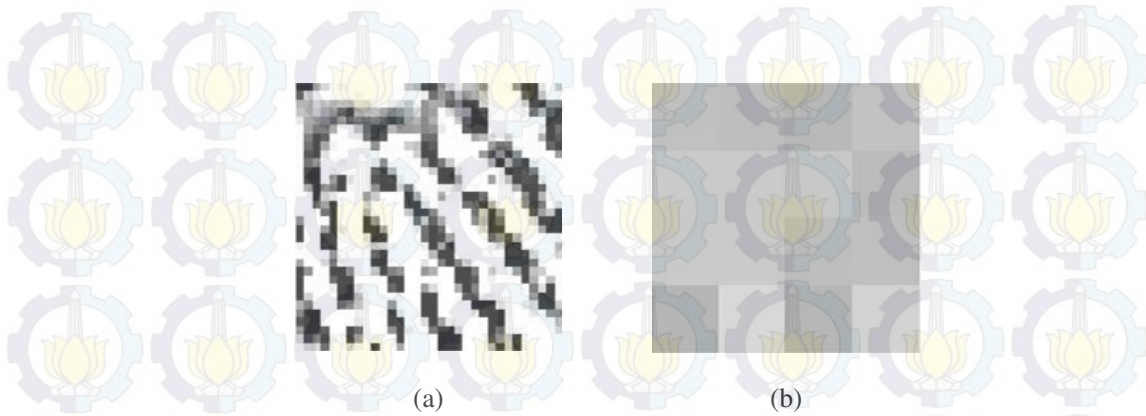
Citra sidik jari dibagi ke dalam blok *non-overlapping* berukuran $w \times w$. Persamaan ekstraksi fitur setiap blok dituliskan pada persamaan (3.1). Proses ekstraksi fitur nilai rata-rata intensitas lokal citra sidik jari dijelaskan pada Gambar 3.3.

$$M_B = \frac{1}{w^2} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^w F_B(i, j) \quad (3.1)$$



Gambar 3.3. Proses Ekstraksi Fitur Nilai Rata-rata Intensitas Lokal Citra Sidik Jari

Dari Gambar 3.3. dapat dijelaskan bahwa citra sidik jari F dipartisi ke dalam blok *non-overlapping* berukuran $w \times w$ piksel. Selanjutnya nilai rata-rata intensitas lokal citra per blok (M_B) dihitung berdasarkan persamaan (3.1). Untuk setiap blok citra, diwakili oleh sebuah nilai fitur hasil perhitungan tersebut, maka dihasilkan citra F_2 dalam bentuk matriks yang berukuran sejumlah banyaknya blok citra. Proses ini dilakukan pada semua piksel. Contoh citra hasil ekstraksi fitur ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.



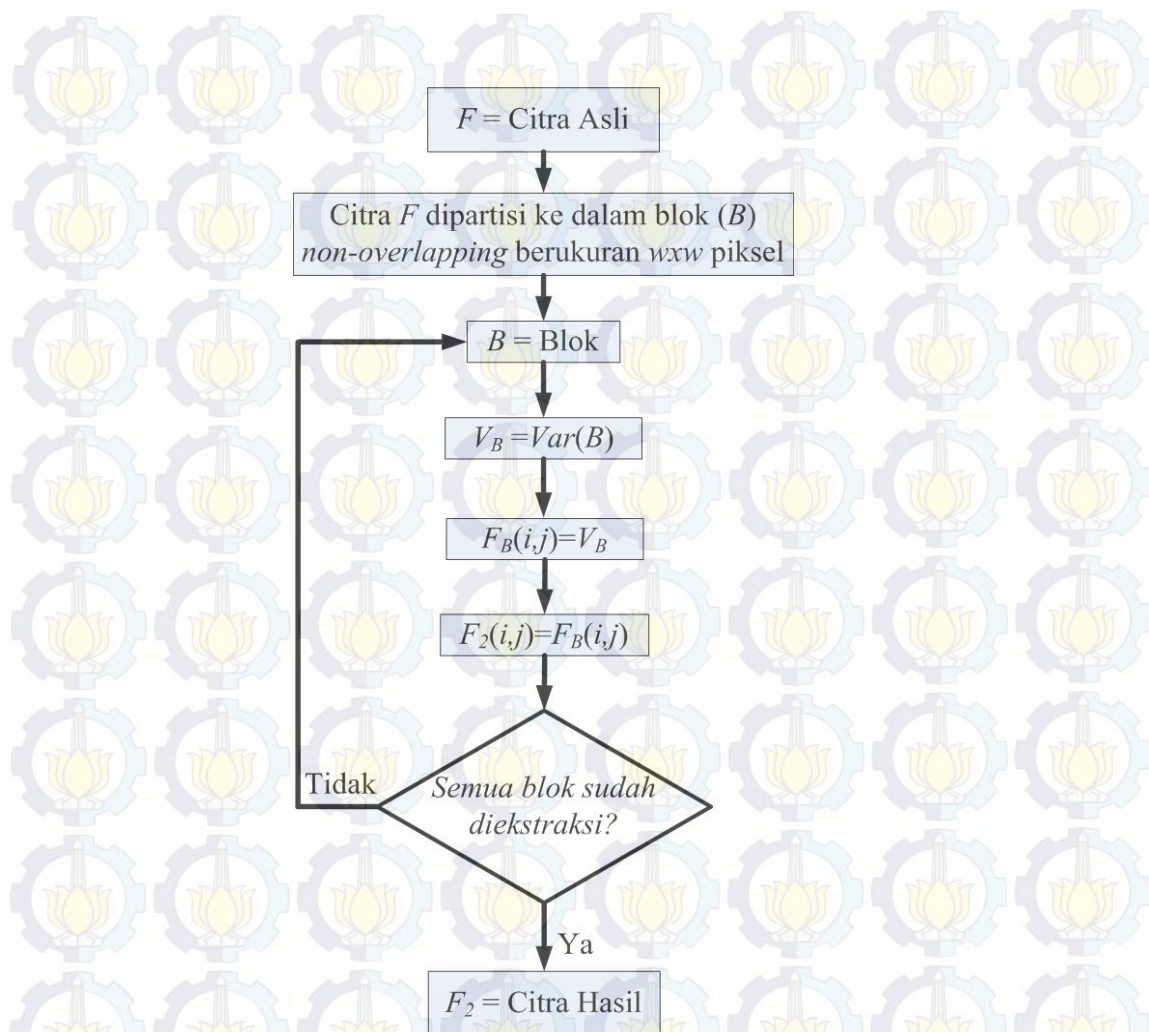
Gambar 3.4. Fitur Hasil Ekstraksi Berdasarkan *Local Mean* Citra (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Ekstraksi

3.4.2. Ekstraksi Fitur Nilai Varians Lokal Citra Sidik Jari

Nilai varians citra menunjukkan keseragaman nilai intensitas tingkat keabuan citra secara umum. Sehingga apabila nilai varians citra secara lokal diketahui, maka menggambarkan keseragaman nilai intensitas tingkat keabuan lokal citra (Yun dan Cho, 2006).

$$V_B = \frac{1}{w^2} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^w (F_B(i, j) - M_B)^2 \quad (3.2)$$

Gambar 3.5. dapat dijelaskan bahwa citra sidik jari F dipartisi ke dalam blok *non-overlapping* berukuran $w \times w$ piksel. Fitur diekstraksi berdasarkan nilai varians lokal citra pada setiap blok yang dihitung berdasarkan persamaan (3.2). Sehingga dihasilkan citra F_2 dalam bentuk matriks yang berukuran sejumlah banyaknya blok citra dimana setiap piksel mewakili sebuah nilai varians lokal citra. Proses ini dilakukan pada semua piksel.

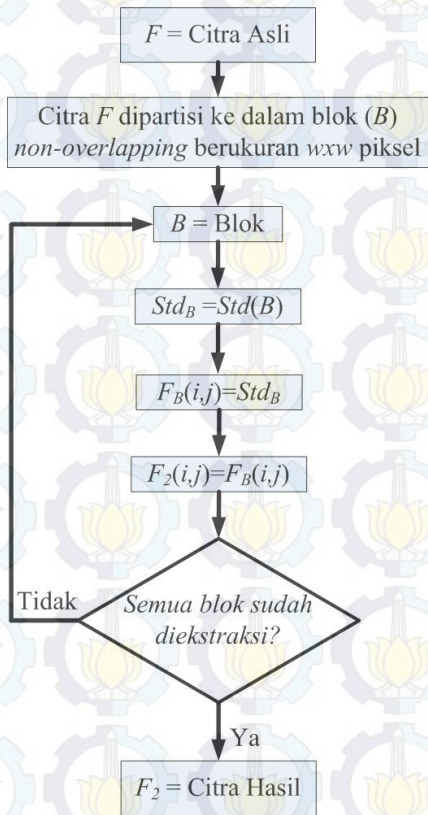


Gambar 3.5. Proses Ekstraksi Fitur Nilai Varians Lokal Citra Sidik Jari

3.4.3. Ekstraksi Fitur Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari

Proses ekstraksi fitur nilai standar deviasi lokal citra sidik jari dijelaskan pada Gambar 3.6. Citra sidik jari dipartisi ke dalam blok *non-overlapping* berukuran $w \times w$ piksel. Nilai standar deviasi lokal citra (Std_B) dihitung berdasarkan persamaan (3.3). Untuk setiap blok citra, diwakili oleh sebuah nilai fitur hasil perhitungan tersebut, maka dihasilkan citra F_2 dalam bentuk matriks berukuran sejumlah blok citra. Proses ini dilakukan pada semua piksel. Contoh citra hasil ekstraksi fitur ini dapat dilihat pada Gambar 3.7.

$$Std_B = \sqrt{\frac{1}{w^2} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^w (I_B(i, j) - R_B)^2} \quad (3.3)$$



Gambar 3.6. Proses Ekstraksi Fitur Nilai Standar Deviasi Lokal Citra Sidik Jari



Gambar 3.7. Ekstraksi Fitur Sidik Jari Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra
(a) Citra Asli (b) Citra Hasil Ekstraksi

3.4.4. Ekstraksi Fitur Nilai Koherensi Lokal Citra Sidik Jari

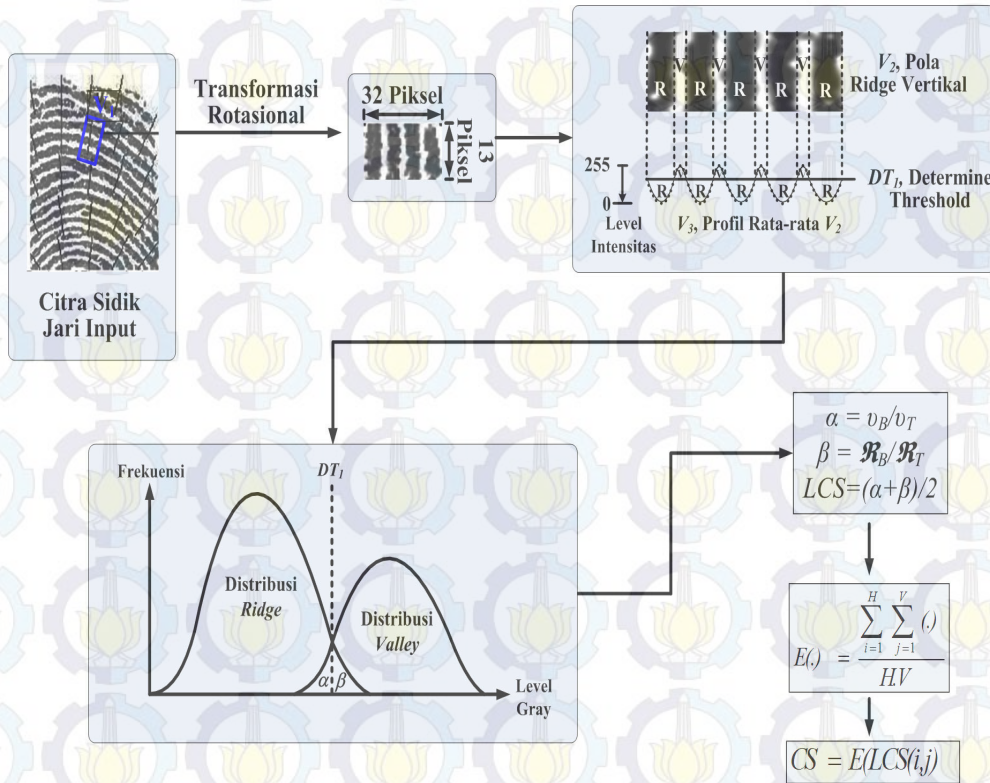
Koherensi menghasilkan sebuah ukuran seberapa baik gradien yang menunjuk ke arah yang sama. Nilai koherensi lokal intensitas citra diperoleh dengan mengkalkulasi gradien blok horisontal di setiap baris dan blok vertikal di setiap kolom pada citra. Citra sidik jari dipartisi ke dalam blok berukuran $w \times w$ piksel. Selanjutnya setiap blok dihasilkan fitur-fitur yang diinginkan. Koherensi pada setiap blok didefinisikan menggunakan persamaan (3.4).

$$K_B = \frac{\sum_w (G_{s,x}, G_{s,y})}{\sum_w |(G_{s,x}, G_{s,y})|} = \frac{\sqrt{(G_{xx} - G_{yy})^2 + 4G_{xy}^2}}{G_{xx} + G_{yy}} \quad (3.4)$$

dimana K_B adalah nilai koherensi citra $(G_{s,x}, G_{s,y})$ adalah gradient kuadrat, $G_{xx} = \sum_w G_x^2$, $G_{yy} = \sum_w G_y^2$, $G_{xy} = \sum_w G_x G_y$ dan (G_{xx}, G_{yy}) adalah gradien lokal yang merupakan komponen gradien horisontal dan vertikal yang bersesuaian. Koherensi digunakan sebagai fitur untuk segmentasi citra sidik jari (Bazen dan Gerez, 2000: Bazen dan Gerez, 2002).

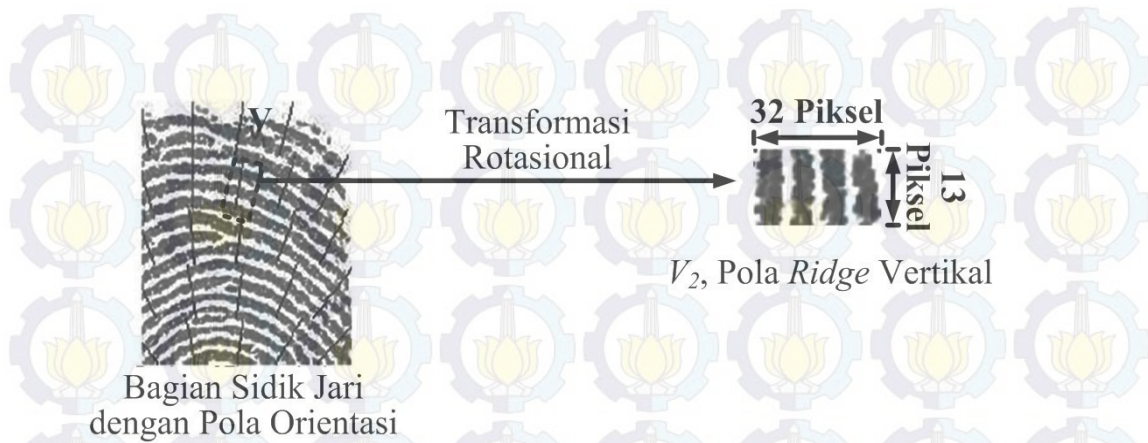
3.4.5. Ekstraksi Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari

Skor kejelasan *ridge-valley* (CS) menunjukkan kemampuan untuk membedakan *ridge* dan *valley* disepanjang arah *ridge*. Gambaran kejelasan pola sidik jari dihasilkan dari sebuah metode analisis distribusi *ridge* dan *valley* yang telah disegmentasi (Chen, dkk., 2004). Gambaran tentang Proses ekstraksi fitur skor kejelasan *ridge-valley* citra sidik jari dijelaskan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Proses Ekstraksi Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari

Analisa kejelasan lokal citra sidik jari dilakukan dengan cara citra dikuantisasi ke dalam blok berukuran 32x32 piksel. Setiap blok, dihitung sebuah orientasi garis yang tegak lurus terhadap arah ridge. Pada bagian tengah dari blok sepanjang arah ridge, sebuah vektor dua dimensi V_1 (bentuk persegi dalam Gambar 3.9. (Chen, dkk., 2004) dengan ukuran 32x13 piksel yang dapat diekstraksi dan ditransformasi ke sebuah vektor vertikal dua dimensi V_2 yang diratakan.



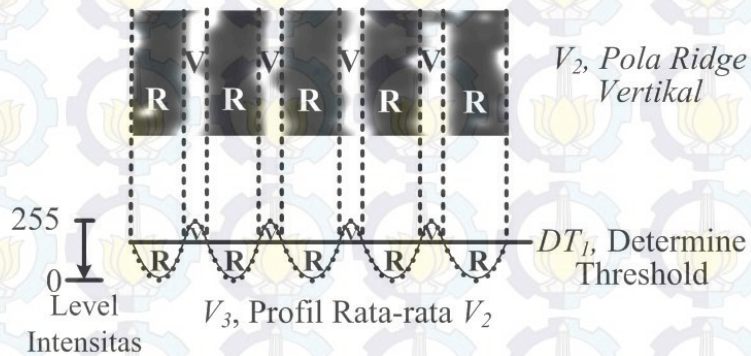
Gambar 3.9. Ekstraksi Area Lokal dan Transformasi Rotasional ke Pola Ridge Vertikal

Berdasarkan persamaan (3.5), sebuah vektor satu dimensi V_3 , yaitu profil rata-rata dari V_2 dapat dihitung.

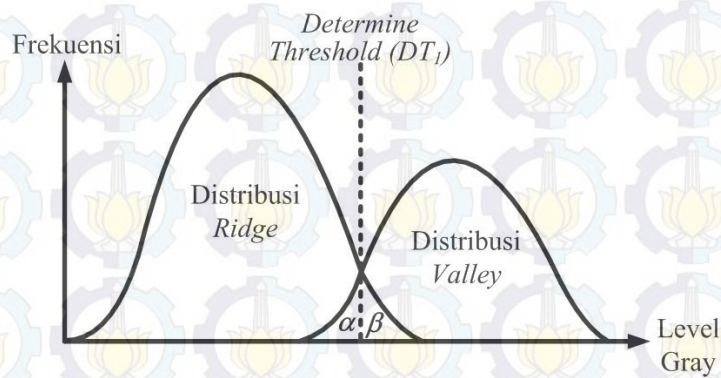
$$V_3(i) = \frac{\sum_{j=1}^m V_2(i, j)}{m}, i = 1 \dots 32 \quad (3.5)$$

Dimana m adalah tinggi blok (13 piksel) dan i adalah indeks horisontal. Setelah V_3 dihitung dengan persamaan (3.3), regresi linier dapat diterapkan pada V_3 untuk menemukan *determined threshold* (DT_1). Gambar 3.10 menunjukkan metode segmentasi regional (Chen, dkk., 2004). DT_1 adalah garis yang telah diposisikan pada bagian tengah vektor V_3 , dan digunakan untuk mengklasifikasi bagian *ridge* dan bagian *valley*. Daerah-daerah yang lebih kecil dari DT_1 adalah *ridge*, jika sebaliknya maka itu adalah *valley*. Oleh karena itu daerah pada *ridge* dan *valley* dapat dipisahkan dalam vektor dua dimensi V_2 oleh profil rata-rata satu dimensi V_3 dengan DT_1 seperti yang ditunjukkan dengan garis putus-putus tegak lurus pada Gambar 3.10. Sebagai *ridge* dan *valley* yang telah dipisahkan, sebuah

ujicoba kejelasan dilakukan pada setiap daerah dua dimensi persegi panjang yang telah dipisahkan. Gambar 3.11 menjelaskan distribusi tingkat keabuan *ridge* dan *valley* yang telah dipisahkan (Chen, dkk., 2004). Area yang tumpang tindih adalah daerah yang tidak terklasifikasi, yang merupakan area yang gagal untuk menentukan *ridge* dan *valley* secara akurat dengan menggunakan DT_1 . Dengan demikian area pada bagian yang tidak tumpang tindih dapat mengindikasikan suatu kejelasan *ridge* dan *valley*.



Gambar 3.10. Pemisahan Area dari Vektor V_2



Gambar 3.11. Distribusi *Ridge* dan *Valley*

Perhitungan skor kejelasan lokal dituliskan pada persamaan (3.8).

$$\alpha = \frac{v_B}{v_T} \quad (3.6)$$

$$\beta = \frac{\mathfrak{R}_B}{\mathfrak{R}_T} \quad (3.7)$$

$$LCS = \frac{(\alpha + \beta)}{2} \quad (3.8)$$

Dimana v_B adalah banyaknya piksel *valley* rusak yang berintensitas lebih kecil daripada DT_1 , v_T adalah jumlah keseluruhan piksel *valley*, \mathfrak{R}_B adalah banyaknya piksel yang rusak dalam *ridge* yang berintensitas lebih tinggi dari DT_1 , \mathfrak{R}_T adalah jumlah keseluruhan piksel *ridge*. α dan β adalah bagian piksel-piksel yang rusak. Dengan demikian, skor kejelasan lokal (*local clarity score / LCS*) adalah nilai rata-rata dari α dan β .

Untuk *ridge* dengan tingkat kejelasan baik, kedua distribusi memiliki area tumpang tindih yang sangat kecil. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran *total overlapping area (TOA)* (Chen, dkk., 2004):

1. Noise pada *ridge* dan *valley*.
2. Goresan diseluruh pola *ridge*.
3. Air yang menempel pada citra karena jari basah.
4. Kesalahan pada sudut orientasi karena pengaruh *noise*.
5. Lengkungan *ridge* yang sangat tajam.
6. *Minutiae, bifurcation, delta point* atau *core*.

Faktor 1 – 4 adalah *noise* fisik yang ditemukan dalam citra. Faktor 5 dan 6 adalah karakteristik fisik secara nyata dari sidik jari. Oleh karena itu, sebuah *window* berukuran 32x13 dipilih untuk meminimalkan kemungkinan terlalu banyaknya fitur-fitur yang berbeda di lokasi yang sama.

Skor kejelasan *ridge-valley* (*CS*) yang digunakan untuk menerangkan kejelasan *ridge* secara umum pada sebuah citra sidik jari dapat dihitung menggunakan persamaan (3.9) berdasarkan skor dari *LCS*.

$$CS = E(LCS(i, j)) \quad (3.9)$$

dimana

$$E(.) = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^V (.)}{H.V} \quad (3.10)$$

Dalam persamaan (3.9), $LCS(i,j)$ adalah skor kejelasan yang dihitung berdasarkan persamaan (3.6), (3.7), dan (3.8) pada lokasi (i,j) dimana i dan j adalah indeks vertikal dan horisontal masing-masing blok citra. H dan V secara berturut-turut adalah jumlah maksimum blok horisontal dan blok vertikal.

3.4.6. Ekstraksi Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Lokal Citra Sidik Jari

Ketebalan *ridge* adalah jumlah luasan *ridge* dan ketebalan *valley* adalah jumlah luasan *valley*. Sebelum menghitung rasio ketebalan *ridge-valley* (*TR*) sebuah citra sidik jari, terlebih dahulu citra dikonversi ke bentuk citra biner berdasarkan persamaan (3.11). Selanjutnya citra sidik jari dibagi menjadi beberapa blok *non-overlapping* dengan ukuran blok $w \times w$. Setiap blok dihitung

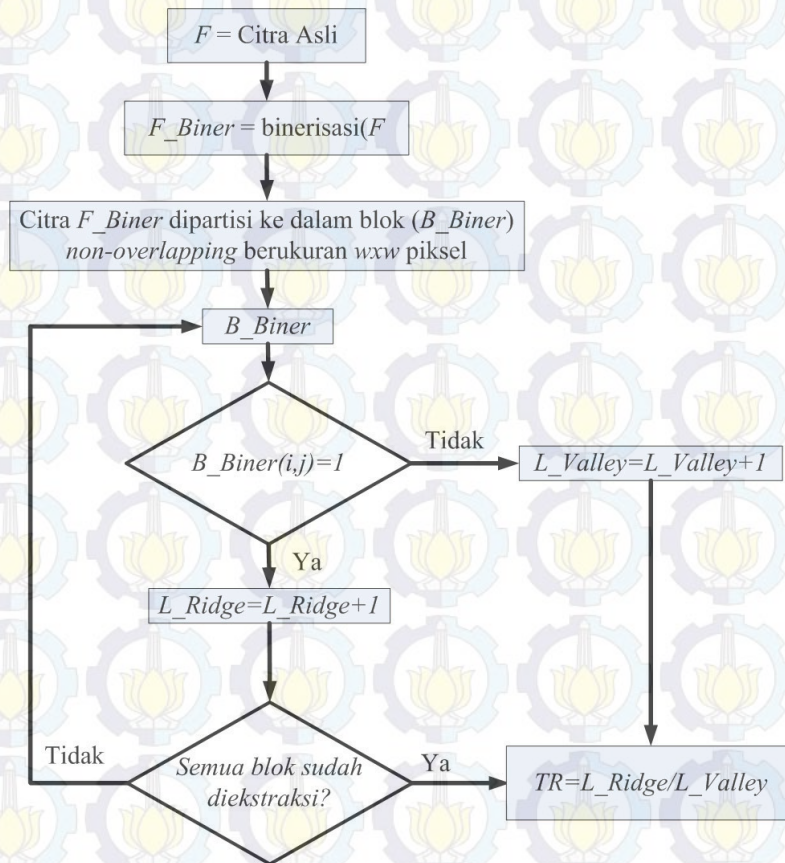
masing-masing jumlah luasan *ridge* dan luasan *valley* dengan persamaan (3.12) dan (3.13). Nilai *TR* dihitung dalam setiap blok yang diperoleh dari perbandingan antara jumlah luasan *ridge* dan *valley* untuk satu blok citra dalam arah normal ke arah *ridge*. Sehingga pada akhirnya nilai rata-rata rasio diperoleh terhadap gambar seluruhnya. Rumusan untuk menghitung rasio ketebalan *ridge-valley* dapat digunakan persamaan (3.14). Tahapan proses ekstraksi fitur rasio ketebalan *ridge-valley* citra sidik jari dapat dilihat pada Gambar 3.12.

$$F_B(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{jika } F(i, j) > T \\ 0 & \text{jika selainnya} \end{cases} \quad (3.11)$$

$$S_R = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I_B(i, j) \quad \text{jika } F_B(i, j) = 0 \quad (3.12)$$

$$S_V = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_B(i, j) \quad \text{jika } F_B(i, j) = 1 \quad (3.13)$$

$$TR = \frac{S_R}{S_V} \quad (3.14)$$



Gambar 3.12. Proses Ekstraksi Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari

3.5. Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari

Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian awal Bab 3, citra sidik jari yang digunakan pada penelitian ini adalah bersumber dari DB_ITS_2009. Tahap awal proses pengolahan citra sidik jari untuk keperluan penelitian ini yakni segmentasi citra sidik jari. Hal ini dilakukan berdasarkan perhitungan pada sub bab 2.5.1 s.d sub bab 2.5.5 sehingga dihasilkan citra yang telah disegmentasi. Selanjutnya citra hasil segmentasi diekstraksi fitur untuk menghasilkan informasi unik yang dimiliki oleh citra. Proses ekstraksi fitur ini dilakukan dengan langkah-

langkah seperti yang dijelaskan pada subbab 3.4.1 s.d subbab 3.4.6 sehingga dihasilkan sebanyak enam jenis fitur (*RR*, *VAR*, *STD*, *KOH*, *CS*, dan *TR*).

Tabel 3.2. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Kering

CITRA	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
01-D-01	149,268	12937,893	113,745	5405,492	0,01211	0,642
02-D-01	152,075	11952,408	109,327	3908,220	0,01210	0,696
03-D-01	165,639	11105,705	105,384	3221,558	0,01220	0,553
04-D-01	153,035	12303,218	110,920	5978,372	0,01212	0,663
05-D-01	154,600	11914,189	109,152	4668,159	0,01201	0,706
06-D-01	165,497	11776,483	108,520	3356,829	0,01207	0,591
07-D-01	162,828	11944,885	109,293	5609,456	0,01203	0,590
08-D-01	161,192	11546,136	107,453	5174,333	0,01211	0,649
09-D-01	151,118	12367,763	111,210	4848,073	0,01199	0,731
10-D-01	171,020	11022,882	104,990	2126,790	0,01218	0,523
11-D-01	160,068	11733,228	108,320	4150,613	0,01201	0,670
12-D-01	146,726	10702,784	103,454	4671,792	0,01197	0,936
13-D-01	152,024	11010,832	104,933	4573,315	0,01203	0,821
14-D-01	151,468	12240,497	110,637	2126,516	0,01210	0,660
15-D-01	144,296	12560,024	112,072	4415,342	0,01218	0,680

Sebagai sampel hasil perhitungan ekstraksi fitur citra sidik jari, lima belas citra dari tujuh puluh citra untuk masing-masing jenis distorsi (kering, netral, dan berminyak) akuisisi citra sidik jari ditunjukkan pada Tabel 3.2. s.d

Tabel 3.4. Fitur hasil ekstraksi yang dihasilkan adalah *RR* menunjukkan fitur nilai rata-rata intensitas citra sidik jari berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (3.1), *VAR* merepresentasikan fitur nilai varians citra sidik jari berdasarkan persamaan (3.2), *STD* menggambarkan fitur nilai standar deviasi citra sidik jari yang dihasilkan dari persamaan (3.3), *KOH* mewakili fitur nilai koherensi citra sidik jari yang didapat dari persamaan (3.4), fitur skor kejelasan

ridge-valley citra sidik jari dinotasikan sebagai *CS* yang dihasilkan berdasarkan persamaan (3.9), dan yang terakhir adalah *TR* merepresentasikan fitur rasio ketebalan *ridge-valley* citra sidik jari yang diperoleh dari persamaan (3.14). Grafik fitur hasil ekstraksi citra sidik jari berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 3.13. s.d Gambar 3.18.

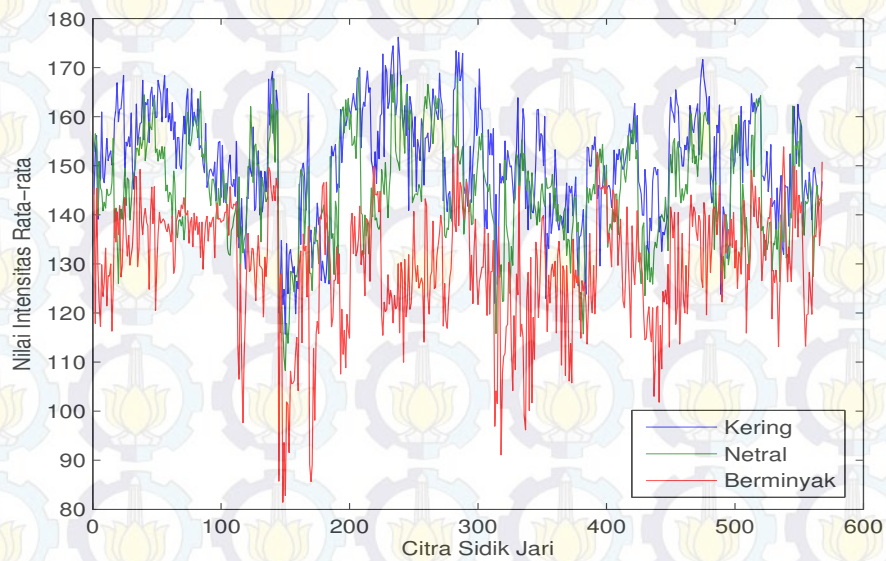
Tabel 3.3. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Netral

CITRA	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
01-N-01	156,640	12357,000	111,162	4285,766	0,01208	0,599
02-N-01	148,730	12378,498	111,259	3342,367	0,01214	0,666
03-N-01	142,128	12480,775	111,717	4384,104	0,01207	0,724
04-N-01	151,748	12505,915	111,830	5669,009	0,01203	0,688
05-N-01	153,413	12360,150	111,176	4282,766	0,01205	0,659
06-N-01	156,643	12452,298	111,590	3391,053	0,01212	0,601
07-N-01	159,200	12294,785	110,882	3681,694	0,01221	0,520
08-N-01	148,866	12564,932	112,093	4359,325	0,01210	0,650
09-N-01	138,267	9915,910	99,579	5837,562	0,01202	1,122
10-N-01	163,308	11756,872	108,429	3349,833	0,01221	0,532
11-N-01	163,719	12040,091	109,727	4616,620	0,01214	0,544
12-N-01	151,454	12648,094	112,464	5633,860	0,01199	0,690
13-N-01	141,294	10630,736	103,105	6286,855	0,01205	0,996
14-N-01	136,793	13242,926	115,078	790,385	0,01211	0,691
15-N-01	144,019	12993,266	113,988	3368,947	0,01221	0,621

Fitur hasil ekstraksi dari citra sidik jari ini digunakan untuk menentukan nilai parameter standar distorsi akuisisi dan klasifikasi citra sidik jari yang dijelaskan pada Bab 4 dan Bab 5.

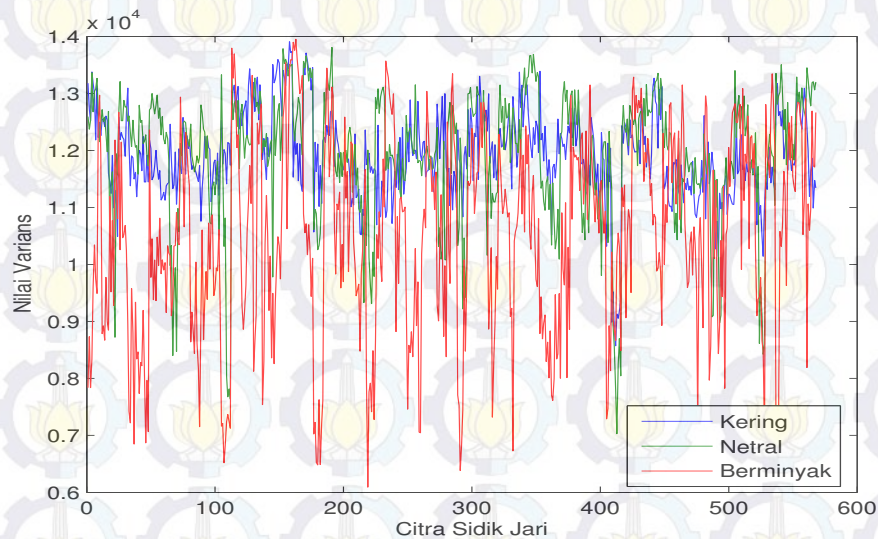
Tabel 3.4. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Berminyak

CITRA	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
01-O-01	147,430	7740,280	87,979	3182,320	0,01241	1,234
02-O-01	132,235	12364,305	111,195	3776,920	0,01213	0,862
03-O-01	142,441	8796,803	93,791	2869,629	0,01215	1,189
04-O-01	146,044	12552,106	112,036	5651,644	0,01200	0,774
05-O-01	149,584	7307,416	85,483	2598,190	0,01242	1,230
06-O-01	143,166	7652,178	87,477	3313,230	0,01228	1,301
07-O-01	125,556	12349,070	111,126	4366,463	0,01208	0,894
08-O-01	139,746	10720,683	103,541	4193,966	0,01222	0,953
09-O-01	139,857	10105,861	100,528	5769,506	0,01201	1,090
10-O-01	146,125	12696,182	112,677	4627,176	0,01207	0,703
11-O-01	140,349	8612,743	92,805	4312,963	0,01214	1,251
12-O-01	140,177	9129,532	95,549	2342,641	0,01215	1,208
13-O-01	144,276	10742,487	103,646	5974,138	0,01197	0,949
14-O-01	146,871	6939,975	83,307	976,063	0,01284	1,353
15-O-01	119,035	13878,856	117,809	2369,562	0,01232	0,630



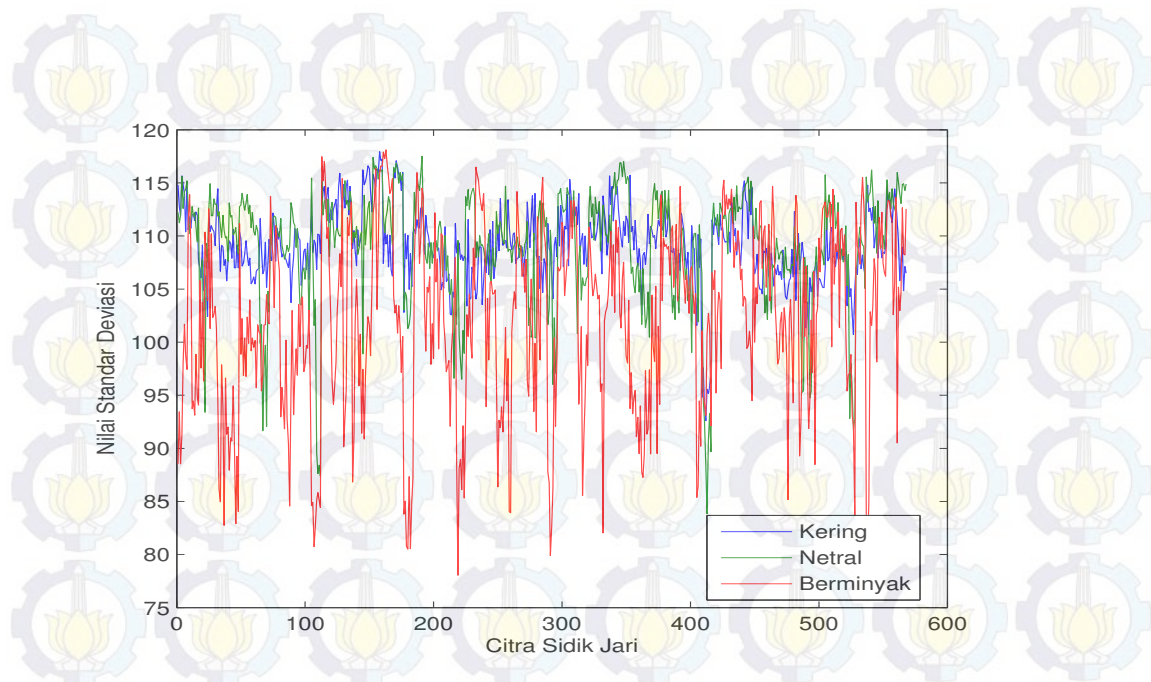
Gambar 3.13. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan (RR) Citra Sidik Jari

Gambar 3.13 menunjukkan bahwa bila skor intensitas rata-rata keabuan citra semakin besar, maka kondisi kulit jari pemilik sidik jari pada saat dilakukan akuisisi citra sidik jari cenderung kering. Hal ini berarti pula bahwa nilai intensitas keabuan citra sidik jari berjenis netral berada diantara nilai intensitas keabuan citra sidik jari jenis kering dan berminyak. Semakin besar nilai intensitas rata-rata keabuan citra, cenderung semakin kering kondisi kulit jari pemilik sidik jari.



Gambar 3.14. Grafik Fitur Nilai Varians (VAR) Citra Sidik Jari

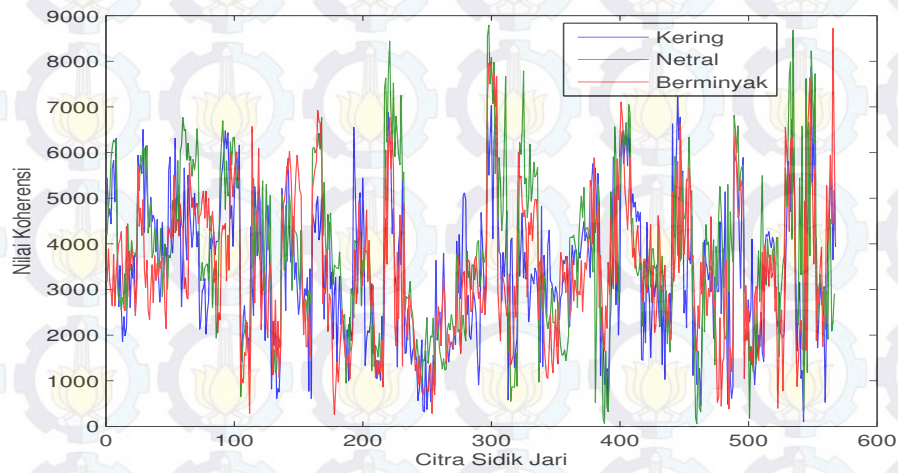
Demikian pula pada Gambar 3.14 menunjukkan bahwa semakin besar nilai varians citra sidik jari, maka kondisi kulit jari pemilik sidik jari pada saat dilakukan akuisisi citra sidik jari cenderung kering. Hal ini berarti pula bahwa nilai varians citra sidik jari berjenis netral berada diantara nilai varians citra sidik jari jenis kering dan berminyak. Semakin besar nilai varians citra, cenderung semakin kering kondisi kulit jari pemilik sidik jari.



Gambar 3.15. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari

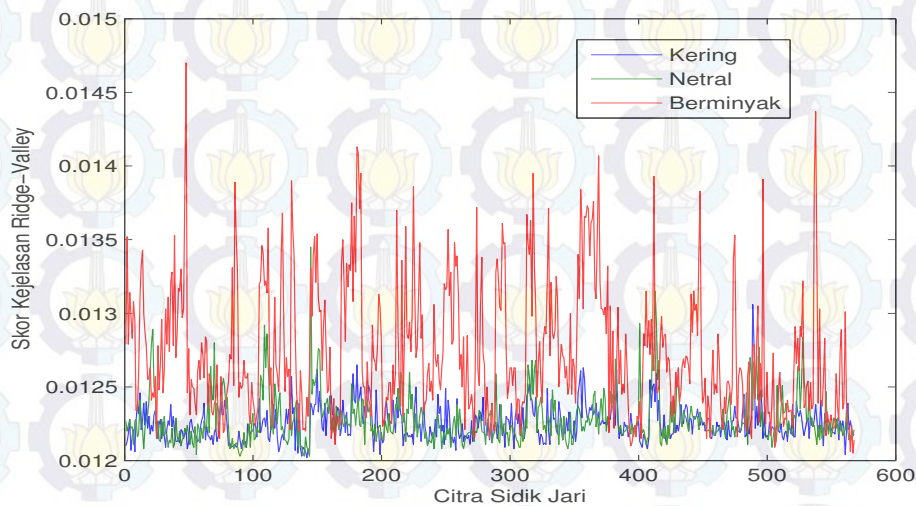
Gambar 3.15 menunjukkan bahwa semakin besar standar deviasi citra, kondisi kulit jari pemilik sidik jari pada saat dilakukan akuisisi citra sidik jari cenderung kering. Hal ini berarti pula bahwa nilai standar deviasi citra sidik jari berjenis netral berada diantara nilai standar deviasi citra sidik jari jenis kering dan berminyak. Semakin besar standar deviasi citra, cenderung semakin kering kondisi kulit jari pemilik sidik jari.

Gambar 3.16 menunjukkan bahwa nilai koherensi citra sidik jari berminyak rata-rata lebih besar dari nilai koherensi citra sidik jari kering. Sedangkan nilai koherensi citra sidik jari netral berada diantara keduanya. Hal ini dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai koherensi citra sidik jari, maka kondisi kulit jari pemilik sidik jari pada saat dilakukan akuisisi citra sidik jari cenderung berminyak.



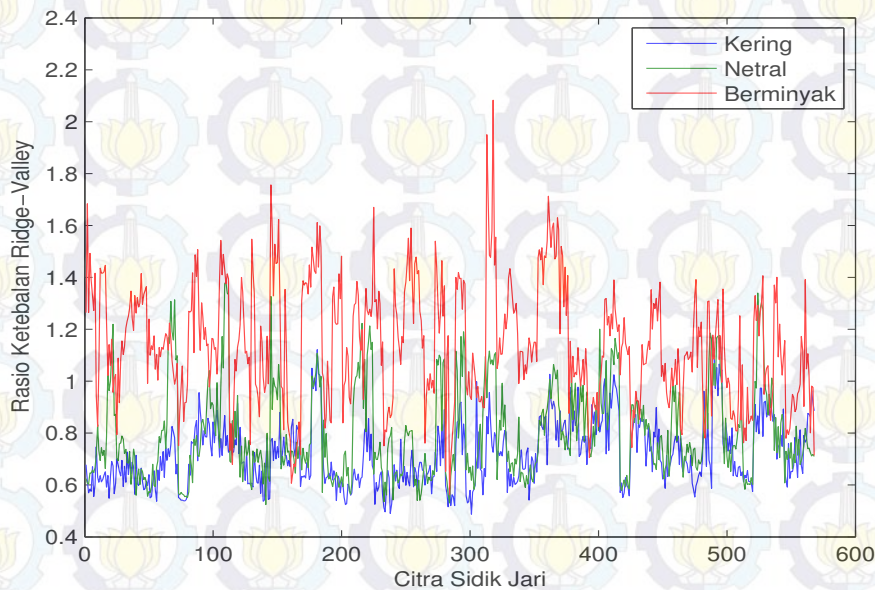
Gambar 3.16. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari

Gambar 3.17 menunjukkan hal yang sama dengan Gambar 3.16 bahwa skor kejelasan *ridge-valley* citra sidik jari berminyak rata-rata lebih besar dari skor kejelasan *ridge-valley* citra sidik jari kering. Sedangkan skor kejelasan *ridge-valley* citra sidik jari netral berada diantara keduanya.

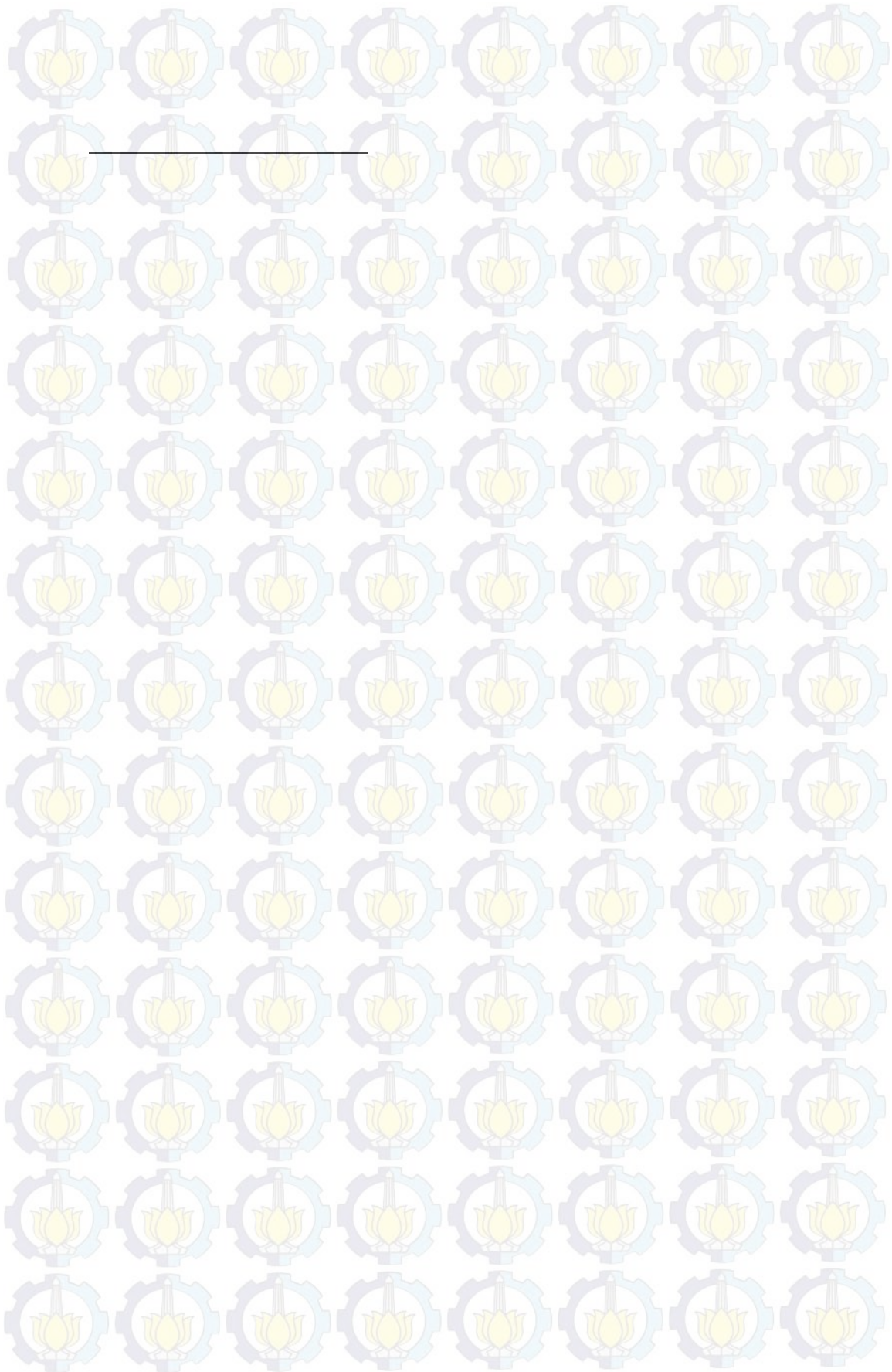


Gambar 3.17. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari

Gambar 3.18 menunjukkan bahwa rasio ketebalan *ridge-valley* citra sidik jari berminyak rata-rata lebih besar dari rasio ketebalan *ridge-valley* citra sidik jari kering. Sedangkan nilai koherensi citra sidik jari netral berada diantara keduanya. Hal ini dapat dikatakan bahwa semakin besar rasio ketebalan *ridge-valley* citra sidik jari, kondisi kulit jari pemilik sidik jari pada saat dilakukan akuisisi citra sidik jari cenderung berminyak.



Gambar 3.18. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* (TR) Citra Sidik Jari



BAB 4

PARAMETER NILAI STANDAR DISTORSI AKUISISI CITRA SIDIK JARI

4.1. Kualitas Citra Sidik Jari

Kualitas citra sidik jari bergantung pada kebersihan/kejelasan *ridge* yang dipisahkan oleh *valley* (Syam, dkk., 2009; Syam, dkk., 2011a). Sebuah sidik jari berkualitas baik dapat diketahui berdasarkan pola-pola dan ciri-ciri (fitur) yang dimilikinya. Pola-pola dan fitur-fitur inilah yang menyediakan informasi dari sebuah citra sidik jari untuk digunakan dalam pencocokan sidik jari. Sebuah citra sidik jari dapat berubah karena beberapa sebab. Salah satunya adalah kondisi lingkungan seperti temperatur/suhu, kelembaban, dan tekanan. Kualitas citra sidik jari bergantung pada kondisi kulit (Jain, dkk., 1999). Kulit kering cenderung menyebabkan kontak *ridge* tidak konsisten dengan *scanner* dari permukaan *roll scanner* sehingga banyak struktur *ridge* mengisi piksel-piksel putih. Sebaliknya, lembah pada kulit berminyak cenderung terisi dengan uap air, sehingga lembah tersebut tampak hitam pada citra yang terlihat mirip dengan struktur *ridge*. Gambar 4.1. secara berurutan menunjukkan citra sidik jari netral, kering, berminyak, kotor, terotasi, dan terambil sebagian.

Jenis citra sidik jari berdasarkan kondisi lingkungan menurut (Yun dan Cho, 2006) didefinisikan bahwa ukuran kualitas:

- Citra sidik jari berminyak: $S_R > S_V$
- Citra sidik jari netral: $S_R = S_V$
- Citra sidik jari kering: $S_R < S_V$

dimana S_R adalah skor *ridge* dan S_V adalah skor *valley*. Skor *ridge* adalah luas *ridge* secara keseluruhan dari citra sidik jari dan skor *valley* adalah luas *valley* secara keseluruhan dari citra sidik jari. Hal ini menunjukkan salah satu ukuran parameter citra sidik jari terdistorsi saat akuisisi (Syam, dkk., 2010a; Syam, dkk., 2010b; Syam, dkk., 2011b).



Gambar 4.1. Kualitas Citra Sidik Jari (a) Netral (b) Kering (c) Berminyak (d) Kotor (e) Terotasi (f) Terambil Sebagian

4.2. Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik

Klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari dapat dilakukan apabila definisi parameter standar distorsi akuisisi citra sidik jari dapat ditentukan.

Definisi distorsi akuisisi citra sidik jari sangat ditentukan oleh seberapa besar ukuran kualitas citra sidik jari. Untuk menentukan definisi distorsi akuisisi citra sidik jari perlu ditetapkan beberapa parameter untuk menetapkan seberapa besar nilai standar distorsi akuisisi citra sidik jari.

Adapun parameter distorsi akuisisi citra sidik jari yang digunakan untuk mengukur kualitas citra sidik jari dalam penelitian ini adalah skor dari masing-masing fitur rata-rata intensitas keabuan (RR), nilai varians (VAR), standar deviasi (STD), nilai koherensi (KOH), skor kejelasan ridge-valley (CS), dan rasio ketebalan ridge-valley (TR) citra.

Untuk menentukan seberapa besar skor masing-masing parameter, definisi parameter standar distorsi akuisisi citra sidik jari dapat dijelaskan dengan empat langkah utama sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2, yakni:

1. Ekstraksi seluruh fitur (RR , VAR , STD , KOH , CS , dan TR) sebagai parameter yang dijadikan sebagai basis penentuan ukuran kualitas citra (dijelaskan pada Bab 3).
2. Menghitung indeks/skor masing-masing parameter distorsi berdasarkan persamaan (3.1) s.d (3.4), (3.9), dan (3.14).
3. Menentukan rentang skor masing-masing parameter berdasarkan skor yang dihasilkan pada point 2.
4. Menetapkan nilai standar distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis keenam fitur (multi fitur).

4.3. Penentuan Standar Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari

Penelitian ini dilakukan dengan segmentasi citra sidik jari menggunakan beberapa jenis *threshold*. Adapun *threshold* yang digunakan adalah nilai rata-rata intensitas keabuan dan standar deviasi global citra, *threshold* adaptif berdasarkan nilai rata-rata intensitas keabuan dan standar deviasi lokal citra, *threshold* dengan berbagai variasi nilai dari 110 s.d 200 dengan rentang 10 untuk mendapatkan

informasi berupa fitur yang dimiliki oleh citra sidik jari. Seperti yang telah jelaskan dan dilakukan pada Bab 3, maka fitur hasil ekstraksi dihasilkan sebagaimana sampel data pada Tabel 4.1 s.d Tabel 4.3 (data hasil ekstraksi selengkapnya dapat dilihat pada lampiran). Fitur hasil ekstraksi ini digunakan dalam menentukan nilai standar parameter distorsi akuisisi citra sidik jari. Fitur yang dimaksud adalah intensitas rata-rata keabuan (RR), nilai varians (VAR), standar deviasi (STD), nilai koherensi (KOH), skor kejelasan *ridge-valley* (CS), dan rasio ketebalan *ridge-valley* (TR) seluruh data citra dari masing-masing jenis citra (kering, netral, dan berminyak). Setiap jenis citra digunakan sebanyak 568 citra sidik jari. Selanjutnya dari masing-masing jenis citra dihitung skor berikut (Syam, dkk., 2010b; Syam, dkk., 2010c; Syam, dkk., 2011b):

1. Nilai maksimum parameter fitur untuk setiap jenis citra sidik jari menggunakan persamaan (4.1).

$$Max_f(k) = \max(F) \quad (4.1)$$

Dimana Max_f adalah nilai maksimum dari setiap fitur ke- k dari F .

2. Nilai minimum parameter fitur untuk setiap jenis citra sidik jari menggunakan persamaan (4.2).

$$Min_f(k) = \min(F) \quad (4.2)$$

Dimana Min_f adalah nilai minimum dari setiap fitur ke- k dari F .

3. Nilai tengah parameter fitur untuk setiap jenis citra sidik jari menggunakan persamaan (4.3).

$$Med_f(k) = \text{median}(F) \quad (4.3)$$

Dimana Med_f adalah nilai tengah dari setiap fitur ke- k dari F .

4. Nilai rentang atas parameter fitur untuk setiap jenis citra sidik jari menggunakan persamaan (4.4).

$$R_{up}(k) = \frac{Max_f(k) + Med_f(k)}{2} \quad (4.4)$$

Dimana R_{up} adalah nilai rentang atas dari setiap fitur ke- k dari F .

5. Nilai rentang bawah parameter fitur untuk setiap jenis citra sidik jari menggunakan persamaan (4.5).

$$R_{bot}(k) = \frac{Min_f(k) + Med_f(k)}{2} \quad (4.5)$$

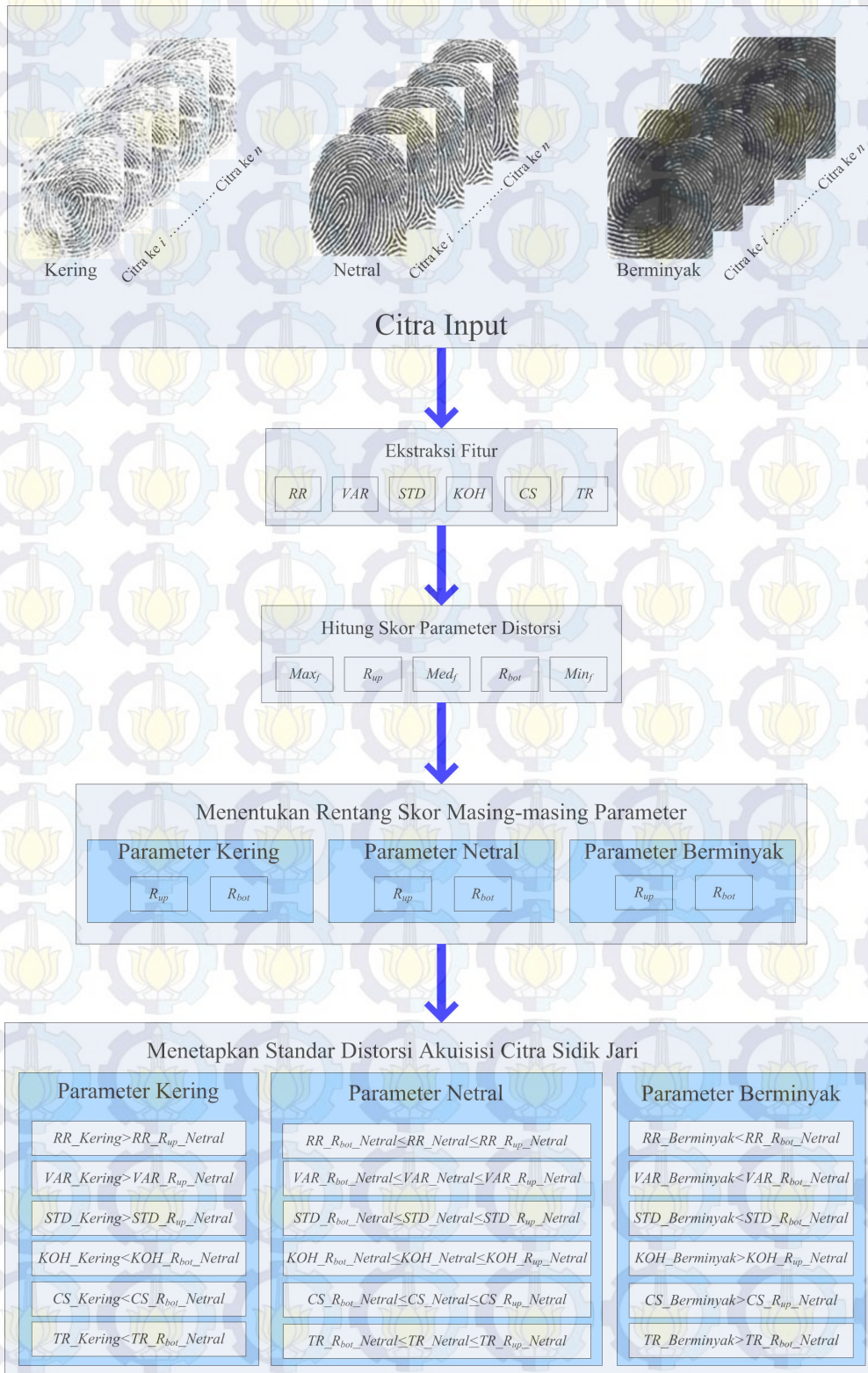
Dimana R_{bot} adalah nilai rentang bawah dari setiap fitur ke- k dari F .

F adalah jenis fitur dan k adalah jenis citra.

Hasil perhitungan berdasarkan persamaan (4.1) s.d (4.5) untuk data hasil ekstraksi fitur pada Bab 3 dapat dilihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.3, Tabel 4.5, Tabel 4.7, dan Tabel 4.9.

Tabel 4. 1. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Global Citra

	PARAMETER	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	176,186	13908,482	117,934	7880,737	0,01297	1,121
	R_{up}	163,764	12896,743	113,476	5605,374	0,01263	0,908
	Med_f	151,342	11885,004	109,018	3330,011	0,01229	0,695
	R_{bot}	133,511	10228,992	100,804	1716,720	0,01217	0,591
	Min_f	115,680	8572,981	92,590	103,430	0,01204	0,488
NETRAL	Max_f	169,440	13808,216	117,508	8794,400	0,01342	1,383
	R_{up}	157,046	12966,366	113,810	6243,801	0,01287	1,065
	Med_f	144,653	12124,515	110,111	3693,202	0,01232	0,746
	R_{bot}	126,463	9577,444	96,979	1877,475	0,01219	0,635
	Min_f	108,273	7030,372	83,847	61,748	0,01206	0,525
BERMINYAK	Max_f	153,934	13950,894	118,114	8721,339	0,01448	2,083
	R_{up}	142,579	12276,453	110,540	5983,969	0,01364	1,606
	Med_f	131,224	10602,013	102,966	3246,598	0,01280	1,129
	R_{bot}	106,341	8346,988	90,509	1755,751	0,01246	0,846
	Min_f	81,458	6091,963	78,051	264,905	0,01212	0,562



Gambar 4.2. Tahapan Penentuan Standar Nilai Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari

Berdasarkan hasil perhitungan nilai parameter distorsi akuisisi citra sidik jari pada Tabel 4.1, selanjutnya rentang nilai parameter masing-masing jenis distorsi akuisisi citra sidik jari yang disegmentasi dengan threshold nilai intensitas rata-rata global citra dapat diinterpretasikan sebagaimana pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Intensitas Rata-rata Global Citra

Tipe Citra	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Sidik Jari						
Kering	133,511 - 163,764	10228,992 - 12896,743	100,804 - 113,476	1716,720 - 5605,374	0,01217 - 0,01263	0,591 - 0,908
Netral	126,463 - 157,046	9577,444 - 12966,366	96,979 - 113,810	1877,475 - 6243,801	0,01219 - 0,01287	0,635 - 1,065
Berminyak	106,341 - 142,579	8346,988 - 12276,453	90,509 - 110,540	1755,751 - 5983,969	0,01246 - 0,01364	0,846 - 1,606

Berdasarkan Tabel 4.2. dari rentang nilai parameter distorsi yang dihasilkan, dilakukan penetapan standar nilai distorsi akuisisi dengan merujuk pada nilai parameter citra sidik jari netral. Rentang nilai parameter netral ini ditetapkan sebagai nilai standar jenis citra sidik jari netral untuk masing masing parameter *RR*, *VAR*, *STD*, *KOH*, *CS*, dan *TR*. Sedangkan untuk jenis distorsi akuisisi yang lain, ditetapkan berdasarkan kecenderungan nilai masing-masing parameter distorsi. Terlihat bahwa untuk parameter distorsi nilai koherensi (*KOH*), skor kejelasan ridge-valley (*CS*), dan rasio ketebalan ridge-valley (*TR*) cenderung kering apabila skornya semakin kecil. Demikian pula sebaliknya cenderung berminyak apabila skornya semakin besar. Sedangkan parameter distorsi yang lain (*RR*, *VAR*, dan *STD*) sebaliknya cenderung kering apabila

skornya semakin besar, sebaliknya cenderung berminyak apabila skornya semakin kecil. Oleh karena itu pada Tabel 4.3 ditetapkan sebagai nilai standar parameter distorsi akuisisi citra sidik jari yang disegmentasi dengan nilai intensitas rata-rata keabuan global citra sebagai *threshold*nya. Demikian pula selanjutnya berdasarkan dari Tabel 4.5 dihasilkan nilai standar parameter distorsi akuisisi citra sidik jari pada Tabel 4.6, dari Tabel 4.8 dihasilkan Tabel 4.9, dari Tabel 4.11 dihasilkan Tabel 4.12, dan dari Tabel 4.14 dihasilkan Tabel 4.15.

Tabel 4.3. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Global Citra

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Standar Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	>157,046	>12966,366	> 113,810	<1877,475	<0,01219	<0,635
Netral	126,463 - 157,046	9577,444 - 12966,366	96,979 - 113,810	1877,475 - 6243,801	0,01219 - 0,01287	0,635 - 1,065
Berminyak	<126,463	< 9577,444	< 96,979	>6243,801	>0,01287	>1,065

Berdasarkan hasil eksperimen pada Tabel 4.3 dapat dijelaskan bahwa sebuah citra sidik jari yang disegmentasi dengan *threshold* nilai intensitas rata-rata keabuan global citra dikategorikan kering apabila memiliki kriteria skor intensitas rata-rata intensitas rata-rata keabuan (*RR*) lebih besar dari 157,046, nilai varians (*VAR*) lebih besar dari 12966,366, standar deviasi (*STD*) lebih besar dari 113,810, nilai koherensi (*KOH*) lebih kecil dari 1877,475, skor kejelasan *ridge-valley* (*CS*) kurang dari 0,01219, dan rasio ketebalan *ridge-valley* (*TR*) lebih kecil dari 0,635. Citra sidik jari digolongkan netral bila skor *RR* antara 126,463 - 157,046, skor *VAR* bernilai antara 9577,444 - 12966,366, skor *STD* antara 96,979 - 113,810,

skor *KOH* antara 1877,475 - 6243,801, skor *CS* antara 0,01219 - 0,01287, dan skor *TR* antara 0,635 - 1,065. Citra sidik jari disebut berminyak apabila skor *RR* kurang dari 126,463, skor *VAR* kecil dari 9577,444, skor *STD* lebih kecil dari 96,979, skor *KOH* lebih besar dari 6243,801, skor *CS* lebih besar dari 0,01287, dan skor *TR* lebih besar dari 1,065.

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Standar Deviasi Global Citra

PARAMETER	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>	
KERING	<i>Max_f</i>	171,635	13928,218	118,018	7878,421	0,01302	0,777
	<i>R_{up}</i>	160,370	12991,688	113,907	5599,073	0,01266	0,627
	<i>Med_f</i>	149,106	12055,157	109,796	3319,725	0,01231	0,477
	<i>R_{bot}</i>	130,549	10442,620	101,882	1709,561	0,01218	0,377
	<i>Min_f</i>	111,992	8830,082	93,969	99,397	0,01204	0,276
NETRAL	<i>Max_f</i>	167,126	13889,164	117,852	8761,401	0,01345	0,842
	<i>R_{up}</i>	154,989	13071,056	114,273	6204,159	0,01289	0,694
	<i>Med_f</i>	142,851	12252,948	110,693	3646,918	0,01234	0,546
	<i>R_{bot}</i>	123,827	10317,089	101,121	1851,599	0,01221	0,418
	<i>Min_f</i>	104,803	8381,229	91,549	56,281	0,01207	0,290
BERMINYAK	<i>Max_f</i>	151,237	14044,569	118,510	8697,915	0,01486	0,884
	<i>R_{up}</i>	137,519	12364,304	110,937	5903,886	0,01385	0,776
	<i>Med_f</i>	123,801	10684,040	103,364	3109,856	0,01284	0,668
	<i>R_{bot}</i>	80,514	8304,423	90,168	1570,925	0,01249	0,477
	<i>Min_f</i>	37,228	5924,806	76,973	31,994	0,01214	0,285

Berdasarkan hasil perhitungan nilai parameter distorsi akuisisi citra sidik jari pada Tabel 4.4, rentang nilai parameter masing-masing jenis distorsi akuisisi citra sidik jari yang disegmentasi dengan threshold nilai standar deviasi global citra dapat diinterpretasikan sebagaimana pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Standar Deviasi Global Citra

Jenis Citra Sidik Jari	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	130,549 - 160,370	10442,620 - 12991,688	101,882 - 113,907	1709,561 - 5599,073	0,01218 - 0,01266	0,377 - 0,627
Netral	123,827 - 154,989	10317,089 - 13071,056	101,121 - 114,273	1851,599 - 6204,159	0,01221 - 0,01289	0,418 - 0,694
Berminyak	80,514 - 137,519	8304,423 - 12364,304	90,168 - 110,937	1570,925 - 5903,886	0,01249 - 0,01385	0,477 - 0,776

Tabel 4.6. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Nilai Standar Deviasi Global Citra

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Standar Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	>154,989	>13071,056	>114,273	<1851,599	<0,01221	<0,418
Netral	123,827 - 154,989	10317,089 - 13071,056	101,121 - 114,273	1851,599 - 6204,159	0,01221 - 0,01289	0,418 - 0,694
Berminyak	<123,827	<10317,089	<101,121	>6204,159	>0,01289	>0,694

Berdasarkan hasil eksperimen pada Tabel 4.6 dapat dituliskan bahwa sebuah citra sidik jari yang disegmentasi dengan *threshold* nilai standar deviasi global citra dikategorikan kering apabila memiliki kriteria skor *RR* lebih besar dari 154,989, skor *VAR* lebih besar dari 13071,056, standar deviasi (*STD*) lebih besar dari 114,273, skor *KOH* lebih kecil dari 1851,599, skor *CS* kecil dari 0,01221, dan skor *TR* lebih kecil dari 0,418. Citra sidik jari digolongkan netral bila skor *RR* antara 123,827 - 154,989, skor *VAR* bernilai antara 10317,089 - 13071,056, skor *STD* antara 101,121 - 114,273, skor *KOH* antara 1851,599 - 6204,159, skor *CS* antara 0,01221 - 0,01289, dan skor *TR* antara 0,418 - 0,694. Citra sidik jari disebut berminyak apabila skor *RR* kurang dari 123,827, skor *VAR* kecil dari 10317,089, skor *STD* lebih kecil dari 101,121, skor *KOH* lebih besar dari 6204,159, skor *CS* lebih besar dari 0,01289, dan skor *TR* lebih besar dari 0,694.

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra

PARAMETER		<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
KERING	<i>Max_f</i>	178,304	13922,731	117,995	7902,022	0,01306	1,045
	<i>R_{up}</i>	166,146	12821,336	113,127	5625,149	0,01264	0,856
	<i>Med_f</i>	153,987	11719,941	108,259	3348,276	0,01223	0,666
	<i>R_{bot}</i>	137,568	10111,583	100,236	1718,778	0,01213	0,570
	<i>Min_f</i>	121,149	8503,225	92,213	89,280	0,01202	0,473
NETRAL	<i>Max_f</i>	171,394	13820,978	117,563	8872,081	0,01345	1,336
	<i>R_{up}</i>	159,442	12892,903	113,473	6292,715	0,01284	1,027
	<i>Med_f</i>	147,490	11964,828	109,384	3713,349	0,01224	0,719
	<i>R_{bot}</i>	130,795	9464,349	96,417	1886,992	0,01213	0,616
	<i>Min_f</i>	114,100	6963,870	83,450	60,635	0,01203	0,513
BERMINYAK	<i>Max_f</i>	158,744	14059,100	118,571	8752,478	0,01470	1,490
	<i>R_{up}</i>	146,605	12318,519	110,710	6016,273	0,01366	1,269
	<i>Med_f</i>	134,467	10577,938	102,849	3280,068	0,01263	1,048
	<i>R_{bot}</i>	109,971	8241,841	89,849	1735,363	0,01234	0,794
	<i>Min_f</i>	85,476	5905,744	76,849	190,658	0,01205	0,539

Berdasarkan hasil perhitungan nilai parameter distorsi akuisisi citra sidik jari pada Tabel 4.7, rentang nilai parameter masing-masing jenis distorsi akuisisi citra sidik jari yang disegmentasi dengan threshold adaptif nilai intensitas rata-rata lokal citra dapat diinterpretasikan sebagaimana pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra

Tipe Citra	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Sidik Jari						
Kering	137,568 - 166,146	10111,583 - 12821,336	100,236 - 113,127	1718,778 - 5625,149	0,01213 - 0,01264	0,570 - 0,856
Netral	130,795 - 159,442	9464,349 - 12892,903	96,417 - 113,473	1886,992 - 6292,715	0,01213 - 0,01284	0,616 - 1,027
Berminyak	109,971 - 146,605	8241,841 - 12318,519	89,849 - 110,710	1735,363 - 6016,273	0,01234 - 0,01366	0,794 - 1,269

Tabel 4.9. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Standar Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	>159,442	>12892,903	>113,473	<1886,992	<0,01213	<0,616
Netral	130,795 -	9464,349 -	96,417 -	1886,992 -	0,01213 -	0,616 -
	159,442	12892,903	113,473	6292,715	0,01284	1,027
Berminyak	<130,795	<9464,349	<96,417	>6292,715	>0,01284	>1,027

Berdasarkan hasil eksperimen pada Tabel 4.9 dapat dikatakan bahwa sebuah citra sidik jari yang disegmentasi dengan *threshold* adaptif nilai intensitas rata-rata lokal citra dikategorikan kering apabila memiliki kriteria skor *RR* lebih besar dari 159,442, skor *VAR* lebih besar dari 12892,903, standar deviasi (*STD*) lebih besar dari 113,473, skor *KOH* lebih kecil dari 1886,992, skor *CS* kecil dari 0,01213, dan skor *TR* lebih kecil dari 0,616. Citra sidik jari digolongkan netral bila skor *RR* antara 130,795 - 159,442, skor *VAR* bernilai antara 9464,349 - 12892,903, skor *STD* antara 96,417 - 113,473, skor *KOH* antara 1886,992 - 6292,715, skor *CS* antara 0,01213 - 0,01284, dan skor *TR* antara 0,616 - 1,027. Citra sidik jari disebut berminyak apabila skor *RR* kurang dari 130,795, skor *VAR* kecil dari 9464,349, skor *STD* lebih kecil dari 96,417, skor *KOH* lebih besar dari 6292,715, skor *CS* lebih besar dari 0,01284, dan skor *TR* lebih besar dari 1,027.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Standar Deviasi Lokal Citra

PARAMETER	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR	
KERING	Max_f	171,402	13931,381	118,031	7873,479	0,01312	0,766
	R_{up}	159,837	13015,224	114,014	5594,862	0,01272	0,622
	Med_f	148,272	12099,066	109,996	3316,244	0,01233	0,478
	R_{bot}	129,603	10513,759	102,243	1703,862	0,01218	0,380
	Min_f	110,935	8928,452	94,490	91,480	0,01204	0,281
NETRAL	Max_f	166,292	13926,834	118,012	8769,850	0,01343	0,803
	R_{up}	154,169	13116,167	114,471	6189,881	0,01290	0,675
	Med_f	142,047	12305,500	110,930	3609,911	0,01236	0,548
	R_{bot}	119,209	10626,995	102,763	1831,413	0,01222	0,435
	Min_f	96,371	8948,490	94,596	52,915	0,01208	0,322
BERMINYAK	Max_f	150,393	14059,006	118,571	8687,727	0,01513	0,820
	R_{up}	134,623	12486,467	111,520	5867,550	0,01398	0,732
	Med_f	118,853	10913,927	104,470	3047,373	0,01283	0,643
	R_{bot}	76,525	8224,548	89,434	1641,291	0,01249	0,509
	Min_f	34,196	5535,169	74,399	235,210	0,01216	0,375

Berdasarkan hasil perhitungan nilai parameter distorsi akuisisi citra sidik jari pada Tabel 4.10, rentang nilai parameter masing-masing jenis distorsi akuisisi citra sidik jari yang disegmentasi dengan threshold adaptif nilai standar deviasi lokal citra dapat diinterpretasikan sebagaimana pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Standar Deviasi Lokal Citra

Tipe Citra	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Sidik Jari						
Kering	129,603 - 159,837	10513,759 - 13015,224	102,243 - 114,014	1703,862 - 5594,862	0,01218 - 0,01272	0,380 - 0,622
Netral	119,209 - 154,169	10626,995 - 13116,167	102,763 - 114,471	1831,413 - 6189,881	0,01222 - 0,01290	0,435 - 0,675
Berminyak	76,525 - 134,623	8224,548 - 12486,467	89,434 - 111,520	1641,291 - 5867,550	0,01249 - 0,01398	0,509 - 0,732

Tabel 4.12. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan Threshold Adaptif Nilai Standar Deviasi Lokal Citra

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Standar Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	>154,169	>13116,167	>114,471	<1831,413	<0,01222	<0,435
Netral	119,209 - 154,169	10626,995 - 13116,167	102,763 - 114,471	1831,413 - 6189,881	0,01222 - 0,01290	0,435 - 0,675
Berminyak	<119,209	<10626,995	<102,763	>6189,881	>0,01290	>0,675

Berdasarkan hasil eksperimen pada Tabel 4.12 dapat diuraikan bahwa sebuah citra sidik jari yang disegmentasi dengan *threshold* adaptif nilai standar deviasi lokal citra dikategorikan kering apabila memiliki kriteria skor *RR* lebih besar dari 154,169, skor *VAR* lebih besar dari 13116,167, standar deviasi (*STD*) lebih besar dari 114,471, skor *KOH* lebih kecil dari 1831,413, skor *CS* kecil dari 0,01222, dan skor *TR* lebih kecil dari 0,435. Citra sidik jari digolongkan netral bila skor *RR* antara 119,209 - 154,169, skor *VAR* bernilai antara 10626,995 - 13116,167, skor *STD* antara 102,763 - 114,471, skor *KOH* antara 1831,413 - 6189,881, skor *CS* antara 0,01222 - 0,01290, dan skor *TR* antara 0,435 - 0,675. Citra sidik jari disebut berminyak apabila skor *RR* kurang dari 119,209, skor *VAR* kecil dari 10626,995, skor *STD* lebih kecil dari 102,763, skor *KOH* lebih besar dari 6189,881, skor *CS* lebih besar dari 0,01290, dan skor *TR* lebih besar dari 0,675.

Sebagaimana pada subbab 3.5 bahwa segmentasi citra sidik jari dalam penelitian ini dilakukan pula dengan *fixed threshold* dengan nilai *threshold* mulai dari 110 s.d 200 dengan deret 10, maka hasil perhitungan nilai parameter distorsi akuisisi citra sidik jari dengan salah satu *threshold* yakni 160 ditampilkan pada Tabel 4.13. Untuk nilai *threshold* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan Threshold 160

PARAMETER	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR	
KERING	Max_f	175,409	13917,570	117,973	7887,940	0,01300	1,130
	R_{up}	163,155	12924,158	113,600	5607,231	0,01265	0,889
	Med_f	150,902	11930,746	109,228	3326,522	0,01231	0,649
	R_{bot}	132,519	10252,889	100,915	1716,024	0,01218	0,522
	Min_f	114,136	8575,032	92,601	105,527	0,01204	0,396
NETRAL	Max_f	168,953	13840,026	117,644	8790,892	0,01352	1,458
	R_{up}	156,598	12994,183	113,932	6234,588	0,01293	1,087
	Med_f	144,242	12148,341	110,220	3678,284	0,01234	0,715
	R_{bot}	125,526	9594,499	97,064	1870,016	0,01221	0,584
	Min_f	106,809	7040,656	83,909	61,748	0,01207	0,453
BERMINYAK	Max_f	152,557	13953,519	118,125	8723,246	0,01429	1,663
	R_{up}	141,748	12271,052	110,513	5983,086	0,01357	1,393
	Med_f	130,939	10588,586	102,901	3242,926	0,01284	1,122
	R_{bot}	105,632	8340,274	90,476	1753,641	0,01249	0,808
	Min_f	80,325	6091,963	78,051	264,355	0,01214	0,494

Berdasarkan hasil perhitungan nilai parameter distorsi akuisisi citra sidik jari pada Tabel 4.13, rentang nilai parameter masing-masing jenis distorsi akuisisi citra sidik jari yang segmentasi menggunakan threshold 160 dapat diinterpretasikan sebagaimana pada Tabel 4.14.

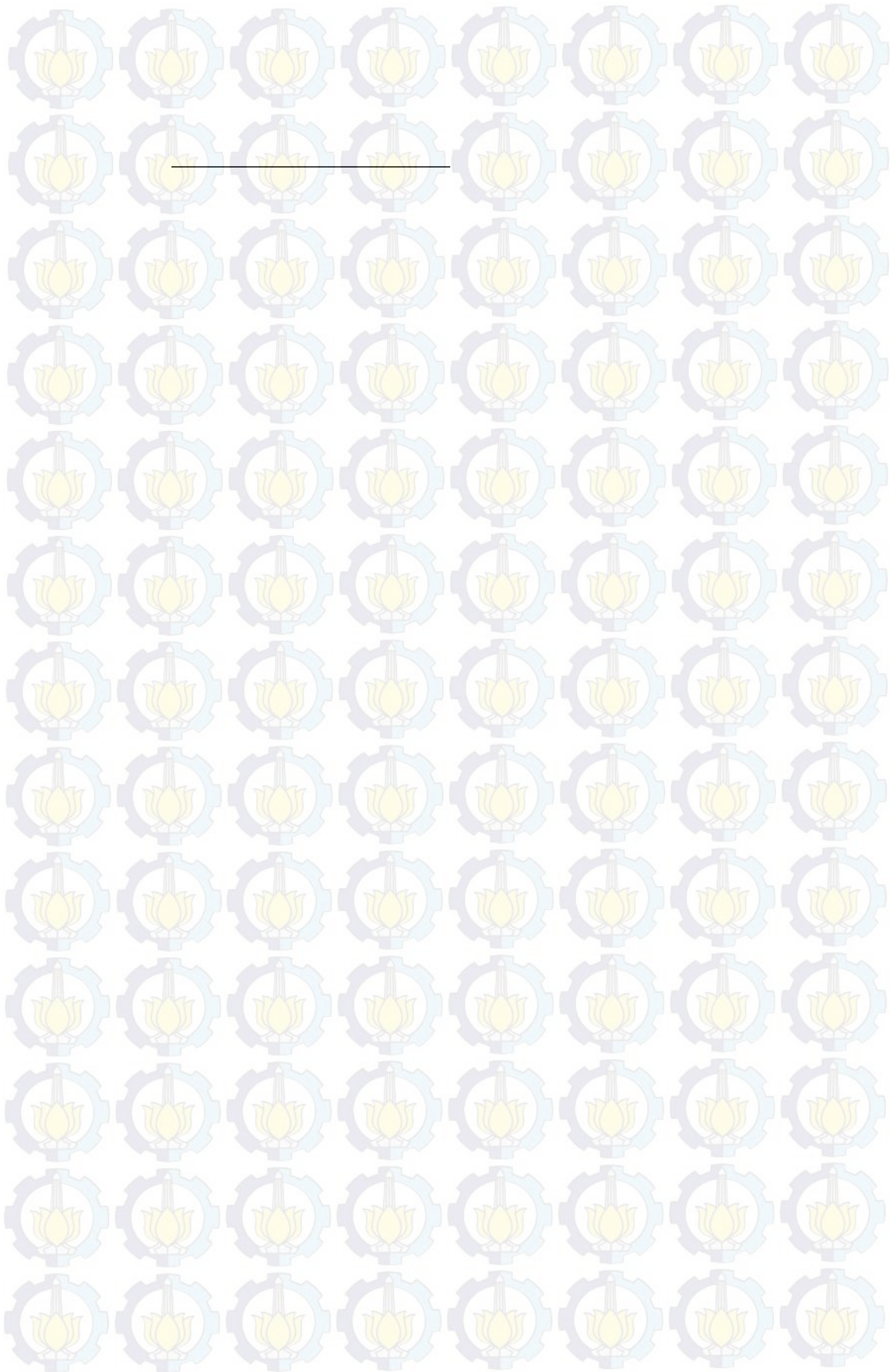
Tabel 4.14. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan Threshold 160

Tipe Citra Sidik Jari	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	132,519 -	10252,889 -	100,915 -	1716,024 -	0,01218 -	0,522 -
	163,155	12924,158	113,600	5607,231	0,01265	0,889
Netral	125,526 -	9594,499 -	97,064 -	1870,016 -	0,01221 -	0,584 -
	156,598	12994,183	113,932	6234,588	0,01293	1,087
Berminyak	105,632 -	8340,274 -	90,476 -	1753,641 -	0,01249 -	0,808 -
	141,748	12271,052	102,901	5983,086	0,01357	1,393

Tabel 4.15 Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan Threshold 160

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Standar Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	>156,598	>12994,183	>113,932	<1870,016	<0,01221	<0,584
Netral	125,526 -	9594,499 -	97,064 -	1870,016 -	0,01221 -	0,584 -
	156,598	12994,183	113,932	6234,588	0,01293	1,087
Berminyak	<125,526	<9594,499	<97,064	>6234,588	>0,01293	>1,087

Berdasarkan hasil eksperimen pada Tabel 4.15 dapat diuraikan bahwa sebuah citra sidik jari yang disegmentasi menggunakan *fixed-threshold* dengan nilai 160 dikategorikan kering apabila memiliki kriteria skor *RR* lebih besar dari 156,598, skor *VAR* lebih besar dari 12994,183, standar deviasi (*STD*) lebih besar dari 113,932, skor *KOH* lebih kecil dari 1870,016, skor *CS* kecil dari 0,01221, dan skor *TR* lebih kecil dari 0,584. Citra sidik jari digolongkan netral bila skor *RR* antara 125,526 - 156,598, skor *VAR* bernilai antara 9594,499 - 12994,183, skor *STD* antara 97,064 - 113,932, skor *KOH* antara 9594,499 - 12994,183, skor *CS* antara 0,01221 - 0,01293, dan skor *TR* antara 0,584 - 1,087. Citra sidik jari disebut berminyak apabila skor *RR* kurang dari 125,526, skor *VAR* kecil dari 9594,499, skor *STD* lebih kecil dari 97,064, skor *KOH* lebih besar dari 6234,588, skor *CS* lebih besar dari 0,01293, dan skor *TR* lebih besar dari 1,087.



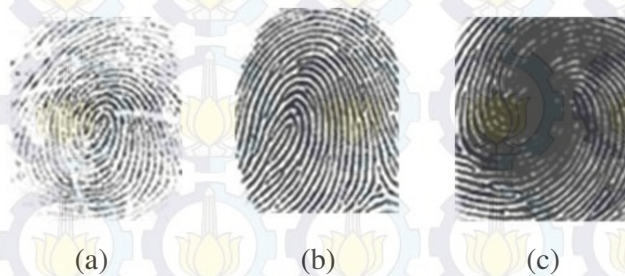
BAB 5

KLASIFIKASI JENIS DISTORSI AKUISISI CITRA SIDIK JARI

5.1. Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode *Support Vector Machine*

Distorsi akuisisi citra sidik jari adalah distorsi yang terjadi pada saat pengambilan (akuisisi) citra sidik jari. Jenis distorsi yang akan diklasifikasi pada penelitian ini ditinjau dari kondisi lingkungan kulit pemilik sidik jari menurut (Yun dan Cho, 2006), sebagaimana telah dijelaskan pada sub bab 4.1.

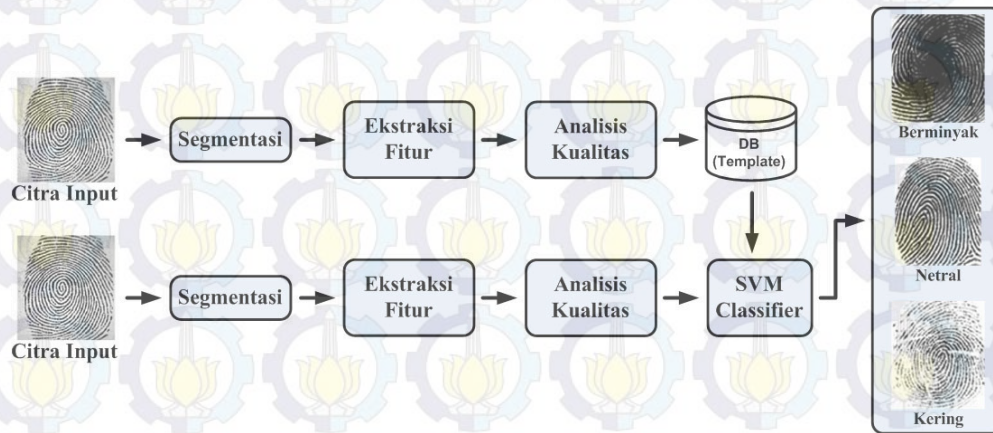
Klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berdasarkan ukuran kualitas citra dibahas pada bab ini. Jenis distorsi akuisisi citra diklasifikasi menjadi tiga kelas, yakni jenis kering, netral, dan berminyak. Gambar 5.1. menunjukkan jenis citra sidik jari terdistorsi akuisisi.



Gambar 5.1. Jenis Citra Sidik Jari Terdistorsi Akuisisi (a) Kering (b) Netral (c) Berminyak

Klasifikasi dilakukan menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM). Gambar 5.2 menggambarkan alur proses klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari. Secara sederhana, konsep SVM sebagai usaha mencari *Hyperplane*

dalam ruang vektor berdimensi d adalah sub ruang *affine* berdimensi $d-1$ yang membagi ruang vector tersebut ke dalam dua bagian, yang masing-masing berkorespondensi pada *class* yang berbeda (Christiani dan Taylor, 2000) sebagaimana dijelaskan pada subbab 2.7.



Gambar 5.2. Klasifikasi Jenis Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari

Klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari menggunakan metode *support vector machine* (SVM) ini dilakukan berdasarkan hasil percobaan pada Bab 4. Tabel 4.1 s.d Tabel 4.42 (lihat Lampiran 4) sebagai nilai standar dalam melakukan klasifikasi. Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian awal Bab 3 bahwa dalam penelitian ini digunakan citra sidik jari dari database DB_ITS_2009. Data citra sidik jari bersumber dari 71 orang dengan berbagai latar belakang pekerjaan (mahasiswa, dosen, karyawan, buruh, petani) yang diambil sesuai standar yang digunakan oleh lembaga kompetisi verifikasi sidik jari internasional (*Fingerprint Verification Competition*) yakni dengan 8 kali (posisi) pengambilan

citra sidik jari per orang untuk masing-masing jenis (kering, netral, dan berminyak), sehingga dihasilkan sejumlah 1704 ($71 \times 8 \times 3 = 1704$) citra.

Tabel 5.1. Uji Klasifikasi Jenis Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Berdasarkan Nilai Parameter Kualitas Citra Menggunakan SVM *Multi-class Classifier*

Uji	Nilai Parameter Kualitas Citra						Jenis Distorsi Akuisisi
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR	
T1	>157,046	>12966,366	> 113,810	<1877,475	<0,01219	<0,635	Kering
	126,463 - 157,046	9577,444 - 12966,366	96,979 - 113,810	1877,475 - 6243,801	0,01219 - 0,01287	0,635 - 1,065	Netral
	<126,463	< 9577,444	< 96,979	>6243,801	>0,01287	>1,065	Berminyak
T2	>156,998	>12983,788	>113,885	<1870,731	<0,01221	<0,614	Kering
	125,932 - 156,998	9580,781 - 12983,788	96,992 - 113,885	1870,731 - 6237,164	0,01221 - 0,01293	0,614 - 1,157	Netral
	<125,932	<9580,781	<96,992	>6237,164	>0,01293	>1,157	Berminyak
T3	>157,151	>12970,169	>113,825	<1868,448	<0,01221	<0,646	Kering
	126,330 - 157,151	9568,341 - 12970,169	96,931 - 113,825	1868,448 - 6247,128	0,01221 - 0,01293	0,646 - 1,227	Netral
	<126,330	<9568,341	<96,931	>6247,128	>0,01293	>1,227	Berminyak
T4	>157,457	>12959,648	>113,778	<1871,260	<0,01221	<0,681	Kering
	126,844 - 157,457	9559,550 - 12959,648	96,887 - 113,778	1871,260 - 6255,546	0,01221 - 0,01293	0,681 - 1,296	Netral
	<126,844	<9559,550	<96,887	>6255,546	>0,01293	>1,296	Berminyak

Sampel masing-masing jenis citra yang diwakili oleh setiap orang diuji ke dalam empat jenis pengujian, yakni: T1, T2, T3, dan T4. T1 adalah jenis pengujian menggunakan 4 data acuan (*training*) dan 4 data testing, T2 adalah pengujian menggunakan masing-masing 3 data training dan 5 data testing, T3 adalah pengujian menggunakan 2 data training dan 6 data testing, dan yang terakhir T4 adalah pengujian menggunakan 1 data training dan 7 data testing.

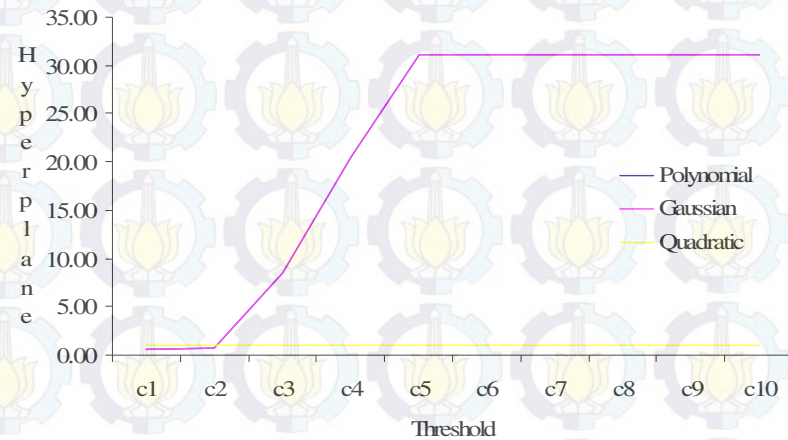
Keempat jenis pengujian ini diterapkan pada uji klasifikasi menggunakan metode *one-against-all of SVM multi-class Classifier* untuk menentukan secara tepat jenis klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari. Tabel 5.1 menunjukkan hasil klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berdasarkan nilai parameter kualitas citra menggunakan *SVM Multi-class Classifier*.

Agar dapat diketahui bagaimana metode *Support Vector Machine* melakukan klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari dengan optimal, maka dilakukan beberapa percobaan yakni menguji pengaruh penggunaan jenis kernel (polynomial, gaussian, dan quadratic) berbeda dan pengaruh penerapan *threshold* yang berbeda ($c1=10^3$, $c2=10^4$, $c3=10^5$, $c4=10^6$, $c5=10^7$, $c6=10^8$, $c7=10^9$, $c8=10^9$, $c9=10^{10}$, dan $c10=10^{11}$). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai *hyperplane* SVM yang terbaik dalam melakukan klasifikasi sehingga ditemukan hasil klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari yang terbaik pula.

Tabel 5.2. Hasil Uji Hyperplane SVM dengan Berbagai Threshold

Threshold	Margin Hyperplane pada Kernel		
	Polynomial	Gaussian	Quadratic
c1	0.5502	0.5502	1.0003
c2	0.7169	0.7376	1.0003
c3	8.4589	8.4585	1.0003
c4	20.3842	20.3833	1.0003
c5	31.1427	31.1413	1.0003
c6	31.1427	31.1413	1.0003
c7	31.1427	31.1413	1.0003
c8	31.1427	31.1413	1.0003
c9	31.1427	31.1413	1.0003
c10	31.1427	31.1413	1.0003

Hasil uji hyperplane keseluruhan *threshold*, secara ringkas dapat disajikan pada Tabel 5.2. Sedangkan hasil uji *hyperplane* SVM untuk masing-masing jenis *threshold* secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 6. Grafik hasil uji hyperplane SVM dengan jenis berbagai jenis *threshold* secara ringkas ditampilkan pada Gambar 5.3, sedangkan grafik hasil uji *hyperplane* secara keseluruhan untuk masing-masing jenis eksperimen dengan *c1* s.d *c10* berturut-turut dapat dilihat pada Lampiran 6 Gambar 5.1 dan 6.2.

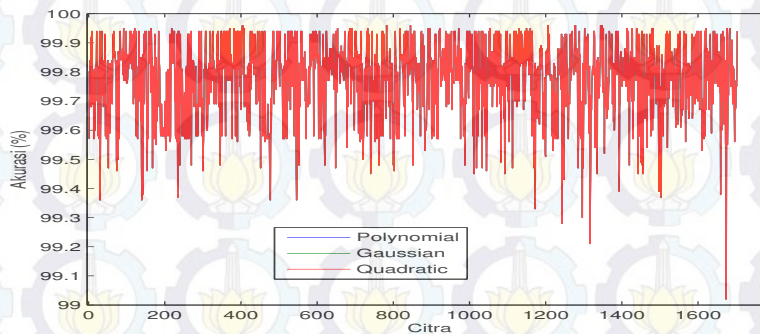


Gambar 5.3. Grafik Hasil Uji Hyperplane SVM Berdasarkan Threshold

Gambar 5.3 menunjukkan grafik hasil uji hyperplane SVM dengan beberapa jenis *threshold* dapat dijelaskan bahwa jenis *hyperplane* quadratic, untuk seluruh jenis *threshold* yang digunakan tidak berpengaruh secara signifikan. Sedangkan untuk dua jenis hyperplane yang lain, yakni polynomial dan gaussian memiliki kedekatan karakteristik. Namun apabila diperhatikan lebih seksama, maka hal ini akan terlihat jelas pada Tabel 5.2 bahwa nilai *hyperplane* pada kernel polynomial senantiasa memiliki nilai yang lebih besar dari pada nilai hyperplane

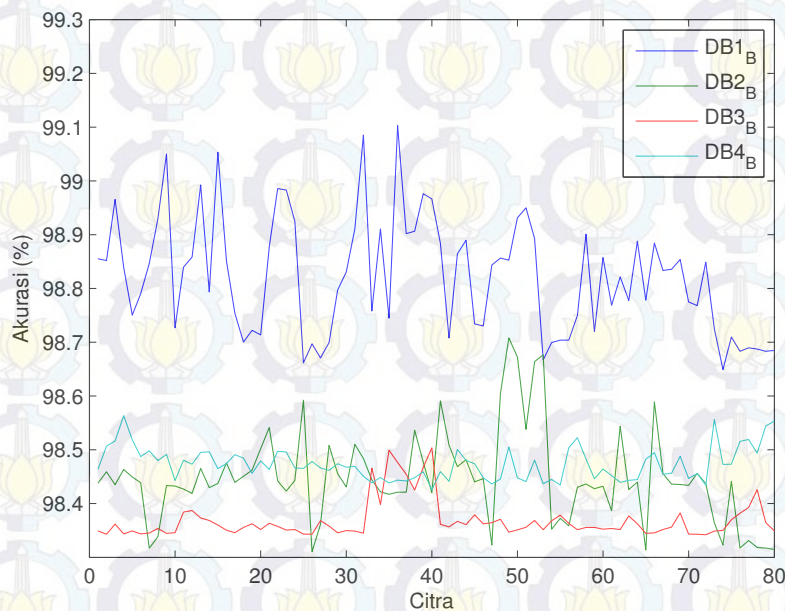
pada kernel gaussian (kecuali pada saat *threshold c2*). Hal ini berarti bahwa penggunaan kernel polynomial dalam metode SVM *multi-class* untuk klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari lebih baik daripada kernel gaussian ataupun *quadratic*. Evaluasi hasil klasifikasi yang dihasilkan dijelaskan pada bagian analisis dan evaluasi unjuk kerja.

Akurasi hasil klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur ini, secara rinci juga dapat dilihat pada Lampiran 5. Secara singkat grafik akurasi hasil klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur menggunakan metode SVM dengan database DB_ITS_2009 ditampilkan pada Gambar 5.4. Sekedar sebagai pembandingan, pada Gambar 5.5. dapat dilihat grafik ringkas akurasi hasil klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur menggunakan metode SVM dengan database DB_B FVC_2000 dengan empat jenis database (DB1_B, DB2_B, DB3_B, dan DB4_B). Adapun grafik rinci hasil klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur menggunakan metode SVM dengan database DB_B FVC_2000 untuk masing-masing jenis database dapat dilihat pada Lampiran 5.



Gambar 5.4. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB_ITS_2009

Gambar 5.4 merupakan salah satu grafik tingkat akurasi hasil klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur menggunakan metode SVM pada database DB_ITS_2009. Dari Gambar 5.4 ditunjukkan bahwa tingkat akurasi klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur menggunakan metode SVM pada database DB_ITS_2009 yang dihasilkan adalah tidak kurang dari sembilan puluh persen.



Gambar 5.5. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB_B FVC_2000

Hasil akurasi akurasi klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari menggunakan metode SVM pada database DB_B FVC_2000 ditampilkan pada Gambar 5.5, dapat dijelaskan bahwa rata-rata untuk jenis database ini memiliki tingkat akurasi klasifikasi yang terbaik adalah DB1_B, lalu menyusul secara berurut DB4_B, DB2_B

5.2. Analisis dan Evaluasi Unjuk Kerja

Untuk mengetahui unjuk kerja model *classifier* yang digunakan, maka diperlukan evaluasi terhadap sistem. Agar evaluasi dapat dilakukan dengan baik, hal yang perlu diperhatikan adalah variabilitas dan tipe kesalahan. Perbedaan antara pengambilan sidik jari yang satu dengan yang lain selalu ada. Perbedaan itulah yang disebut variabilitas. Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya variabilitas pengambilan sidik jari, antara lain: sifat elastisitas kulit yang menyebabkan perbedaan kekuatan tekanan pada waktu pengambilan sidik jari, dan posisi peletakan sidik jari yang tidak selalu sama (Lee dan Gaensslen, 2001: Maltoni, dkk., 2009).

Unjuk kerja suatu sistem verifikasi klasifikasi sidik jari dapat diukur berdasarkan nilai kesalahan yang terjadi dan dapat pula diukur dari seberapa besar tingkat kesuksesan pengenalan suatu sistem (*specificity*). Pada sistem verifikasi klasifikasi sidik jari ada dua macam tipe kesalahan yang dapat terjadi, yaitu: *False Acceptance Rate (FAR)* atau rasio kesalahan penerimaan adalah kesalahan dimana sistem menerima orang yang tidak sah dan *False Rejection Rate (FRR)* atau rasio kesalahan penolakan adalah kesalahan dimana sistem menolak orang yang sah. Kedua tipe kesalahan ini saling berlawanan. Jika tingkat kesalahan *FAR* rendah, maka tingkat kesalahan *FRR* tinggi. Demikian pula sebaliknya jika tingkat kesalahan *FAR* tinggi, maka tingkat kesalahan *FRR* rendah. Kedua nilai kesalahan tersebut berubah menurut nilai ambang atau nilai penerimaan yang digunakan. Kondisi ideal terjadi apabila ciri-ciri sidik jari yang signifikan dapat diekstraksi sedemikian rupa sehingga dapat dikenali dengan jelas. Untuk menghitung nilai

FAR , FRR , dan $specificity$, secara berurut digunakan persamaan (5.1), (5.2), dan (5.3).

$$FAR = \frac{FP}{P} \quad (5.1)$$

$$FRR = \frac{TP}{N} \quad (5.2)$$

$$Specificity = 1 - FRR \quad (5.3)$$

dimana FP adalah jumlah sidik jari pengguna palsu yang diterima oleh sistem, P adalah jumlah sidik jari pengguna palsu, TP adalah jumlah sidik jari pengguna asli yang diterima sistem, N adalah jumlah sidik jari pengguna asli (Fawcett, 2006: Hand dan Till, 2001; Khalil, dkk., 2009).

Berdasarkan hasil interpretasi nilai parameter kualitas citra sidik jari, unjuk kerja *classifier* dievaluasi dengan menghitung besarnya rasio kesalahan penerimaan citra sidik jari. Unjuk kerja model *classifier* diukur berdasarkan nilai FAR , FRR , dan $specificity$ yang dihasilkan secara berurut menggunakan persamaan (5.1), (5.2), dan (5.3). Hasil evaluasi unjuk kerja sistem ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil Evaluasi Unjuk Kerja Sistem

Uji	Nilai FAR			Nilai FRR			Nilai $Specificity$		
	$C4$	$C5$	$C6$	$C4$	$C5$	$C6$	$C4$	$C5$	$C6$
T1	0.4279	0.4089	0.2809	0.7238	0.7053	0.6104	0.5721	0.5911	0.7191
T2	0.3970	0.3804	0.2399	0.7115	0.6961	0.5416	0.6030	0.6196	0.7601
T3	0.4962	0.4826	0.4119	0.7395	0.7297	0.7015	0.5038	0.5174	0.5881
T4	0.5490	0.5408	0.4917	0.7688	0.7636	0.7467	0.4510	0.4592	0.5083

$C4=10^6$, $c5=10^7$, $c6=10^8$ adalah nilai threshold yang dipasang pada metode SVM saat melakukan proses klasifikasi jenis citra sidik jari.

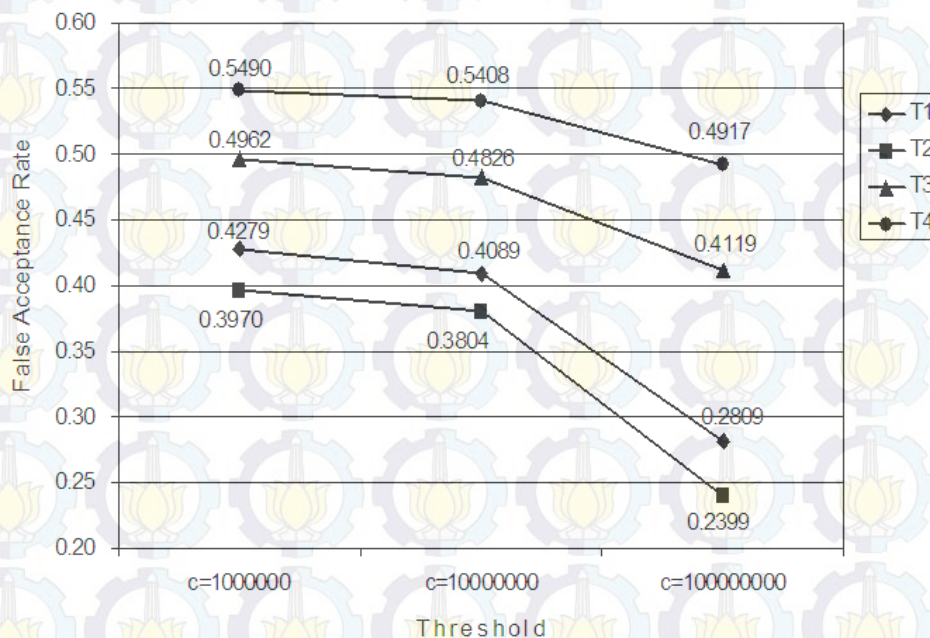
T1: Data Training=4; Data Testing=4.

T2: Data Training=3; Data Testing=5.

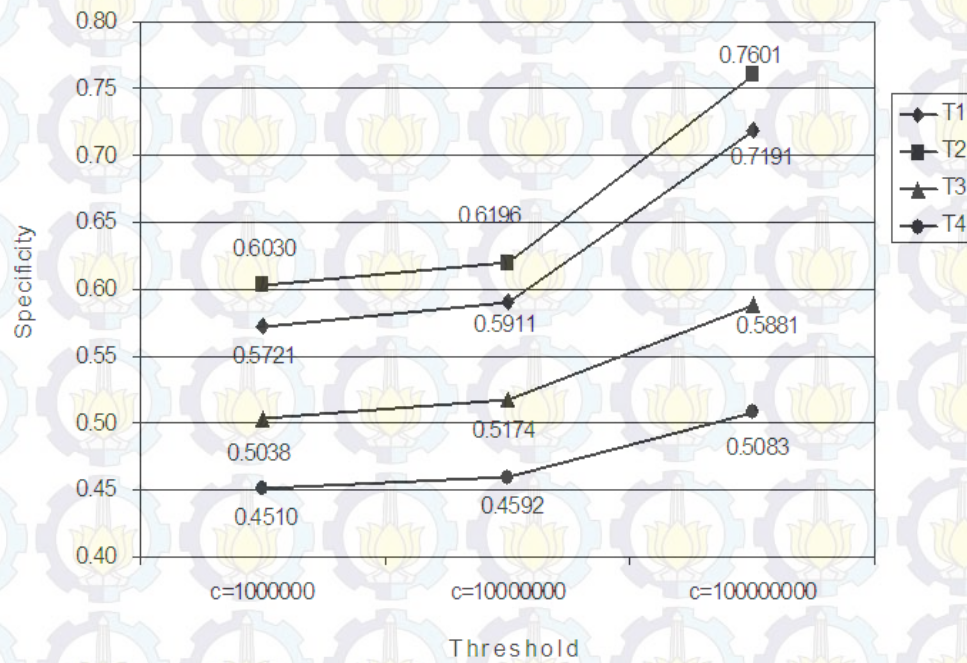
T3: Data Training=2; Data Testing=6.

T4: Data Training=1; Data Testing=7.

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.2, dari empat jenis uji yang dilakukan, dapat dijelaskan bahwa unjuk kerja model yang diusulkan dicapai hasil maksimal pada jenis uji T2 dengan menggunakan threshold $c6$ sebagaimana ditunjukkan bahwa nilai rasio kesalahan penerimaan (*FAR*) yang paling kecil adalah sebesar 0,2399, sedangkan tingkat keberhasilan pengenalan (*specificity*) tertinggi adalah sebesar 0,7601.



Gambar 5.6. Grafik Nilai *False Acceptance Rate*



Gambar 5.7. Grafik Nilai *Specificity*

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat dianalisis bahwa unjuk kerja klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari sangat dipengaruhi oleh jumlah data training dan data testing serta nilai *threshold* yang digunakan. Semakin banyak data training yang digunakan, maka unjuk kerja sistem semakin baik.

5.3. Hasil Penelitian Grup Riset yang Mendukung Penelitian Ini

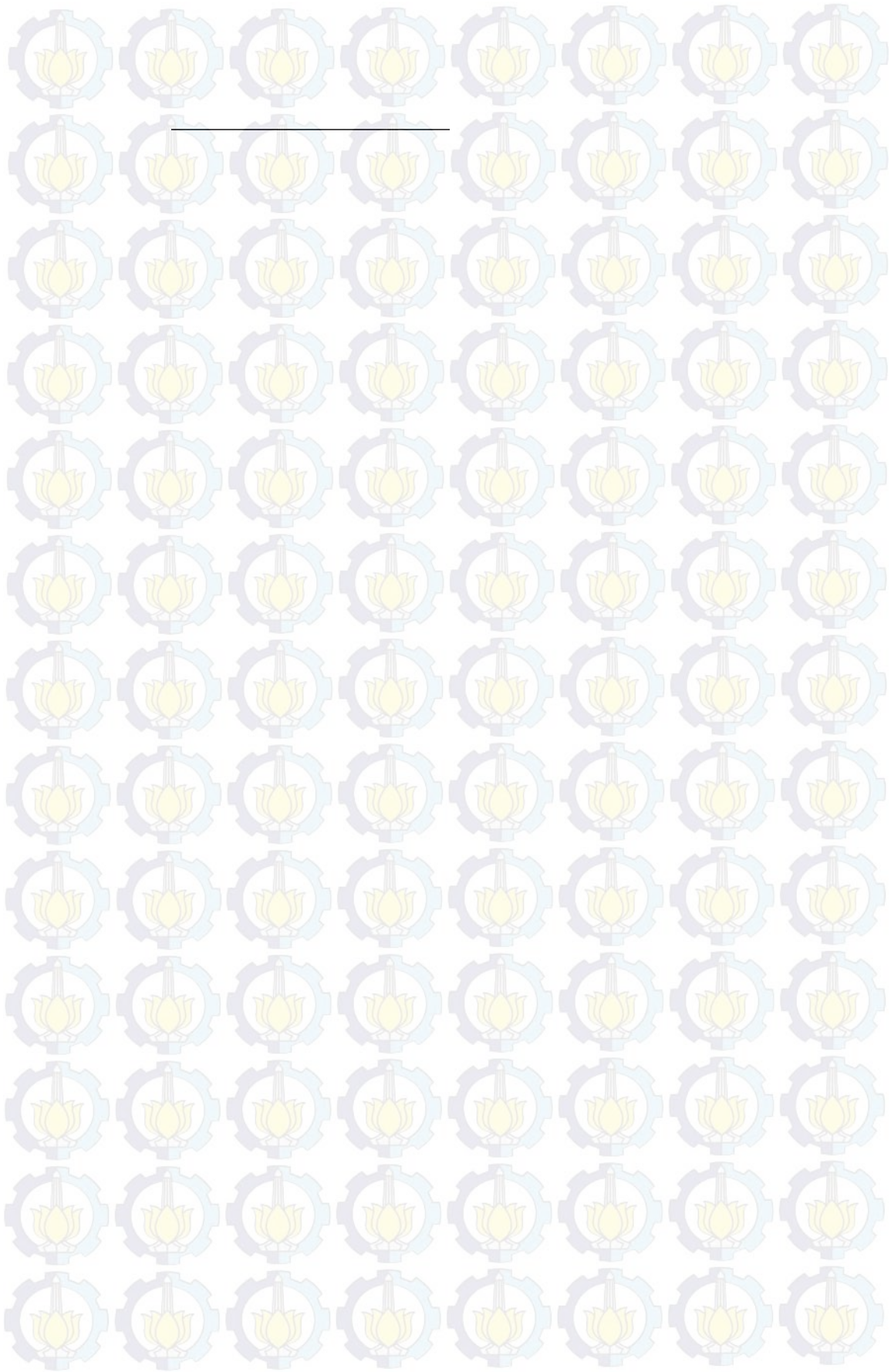
Sebagaimana telah disebutkan pada Bab 1 bahwa penelitian ini didukung beberapa penelitian oleh grup riset (tesis magister (S2)) yakni penelitian tentang perbaikan kualitas citra sidik jari berminyak menggunakan metode *unsharpening* (Syakri, 2009b), perbaikan kualitas citra sidik jari kering menggunakan proses *smoothing*, *skeletonizing*, dilasi, dan union (Motwakel, 2010b), deteksi kerusakan

citra sidik jari menggunakan metode *learning vector quantization* (Supriyono, 2010b), *enhancement* citra sidik jari kotor menggunakan teknik *hybrid morphology* dan gabor filter (Nasir, 2010c), dan deteksi distorsi citra sidik jari terotasi menggunakan metode *phase only correlation* (Darujati, 2010b).

Sebagaimana telah disebutkan pula pada pendahuluan bahwa apabila jenis distorsi akuisisi citra sidik jari dapat diklasifikasi lebih dini sebelum dilakukan pengenalan, maka dapat diterapkan metode yang tepat untuk memperbaiki kualitas citra sidik jari sehingga bisa meningkatkan akurasi hasil pengenalan sidik jari dengan kualitas yang baik (singularity). Hal ini dibuktikan sebagaimana didukung oleh hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan oleh grup riset pada penelitian ini. Tabel 5.4. menunjukkan hasil penelitian grup riset yang mendukung penelitian ini.

Tabel 5.4. Hasil Penelitian Grup Riset yang Mendukung Penelitian Ini

No.	Riset	Hasil Riset
1	Perbaikan kualitas citra sidik jari berminyak menggunakan metode <i>unsharpening</i> (Syakri, 2009b).	Meningkatkan akurasi pengenalan sidik jari rata-rata sebesar 5%.
2	Perbaikan kualitas citra sidik jari kering dengan penerapan operasi <i>union</i> pada citra sidik jari kering (Motwakel, 2010b).	Menurunkan tingkat kegagalan identifikasi sidik jari rata-rata sebesar 5%.
3	Deteksi terhadap kesalahan dalam pengambilan citra sidik jari menggunakan metode <i>learning vector quantization</i> (Supriyono, 2010b).	Meningkatkan akurasi pengenalan sidik jari rata-rata sebesar 4%.
4	<i>Enhancement</i> terhadap Citra sidik jari kotor menggunakan teknik hybrid morphology dan gabor filter (Nasir, 2010c).	Meningkatkan akurasi pengenalan sidik jari rata-rata sebesar 4%.
5	Deteksi distorsi citra sidik jari terotasi menggunakan metode <i>phase only correlation</i> (Darujati, 2010b).	Meningkatkan akurasi pengenalan sidik jari rata-rata sebesar 4%.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Hasil-hasil eksperimen pada penelitian ini menunjukkan bahwa:

a. Klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur menggunakan metode *support vector machine* sangat cocok dengan segmentasi *threshold* adaptif berdasarkan nilai intensitas rata-rata keabuan lokal citra.

b. Karakteristik dan standar nilai parameter jenis distorsi akuisisi citra sidik jari ditetapkan dengan perhitungan-perhitungan statistik.

Karakteristik dan nilai standar parameter distorsi akuisisi citra sidik jari sangat dipengaruhi oleh metode segmentasi dan ekstraksi fitur.

c. Klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari berbasis multi fitur menggunakan metode *support vector machine (SVM)* secara optimal dapat dicapai apabila menggunakan kernel polynomial dengan threshold $c=10^8$.

d. Apabila jenis distorsi akuisisi citra sidik jari dapat diklasifikasi lebih dini sebelum dilakukan pengenalan, maka dapat diterapkan metode yang tepat untuk memperbaiki kualitas citra sehingga bisa meningkatkan akurasi hasil pengenalan sidik jari dengan kualitas yang baik (singularity).



6.2. Saran

Penelitian tentang klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari ini dapat dikembangkan dari sisi metode ekstraksi yang lebih spesifik pada bagaimana melakukan ekstraksi fitur yang lebih baik. Sebab apabila fitur yang unik dapat dimunculkan dengan baik, maka hasil klasifikasi distorsi akuisisi citra sidik jari akan lebih baik.

Penelitian tentang klasifikasi jenis distorsi akuisisi citra sidik jari ini dapat pula diteliti dari sisi jenis distorsi akuisisi citra yang lain seperti distorsi akuisisi citra jenis kotor, terotasi, dan citra hanya terambil sebagian.

Lampiran 3a Sampel Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari

Tabel 3.1. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Kering

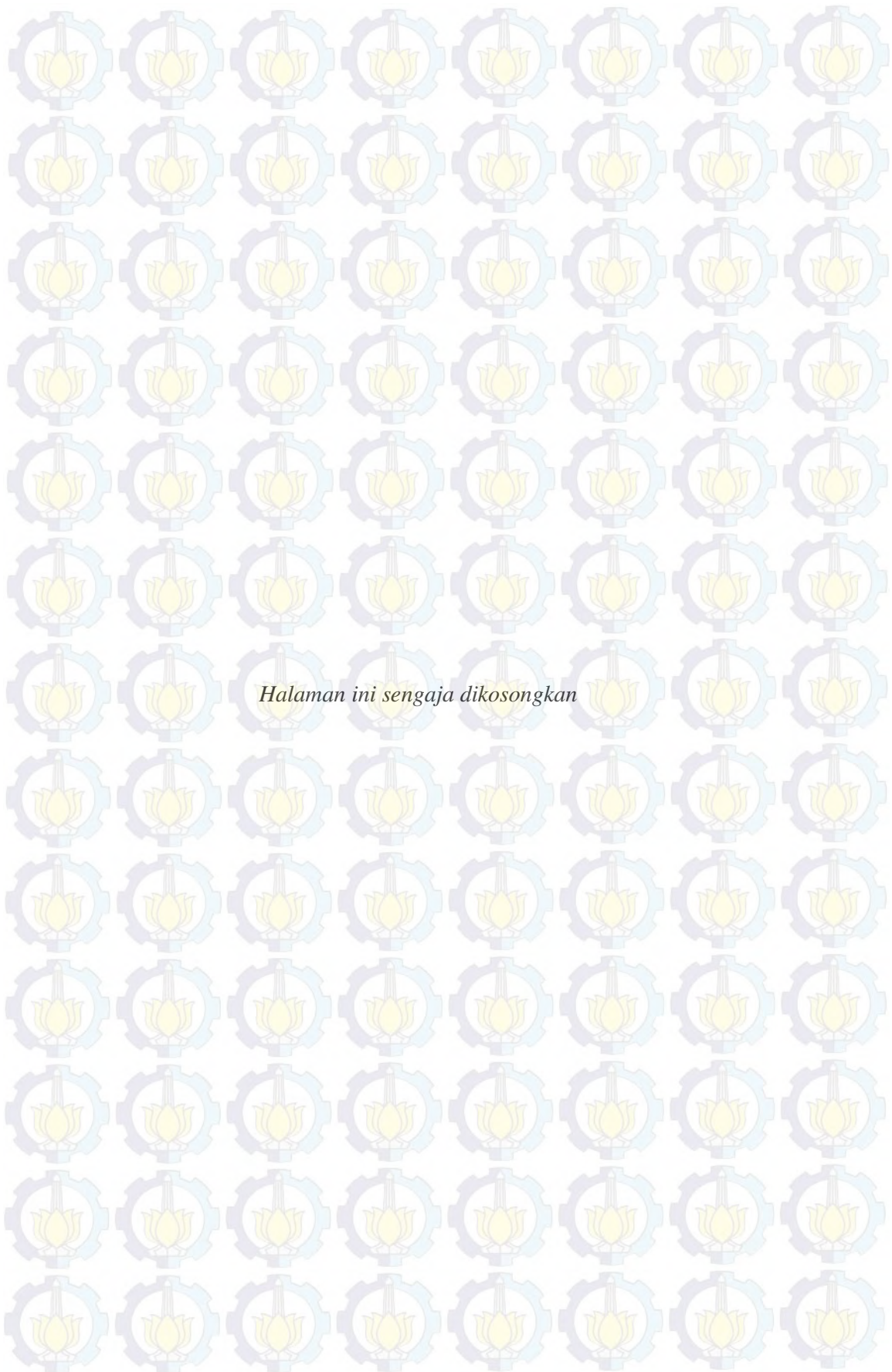
CITRA	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
01-D-01	149,268	12937,893	113,745	5405,492	0,01211	0,642
02-D-01	152,075	11952,408	109,327	3908,220	0,01210	0,696
03-D-01	165,639	11105,705	105,384	3221,558	0,01220	0,553
04-D-01	153,035	12303,218	110,920	5978,372	0,01212	0,663
05-D-01	154,600	11914,189	109,152	4668,159	0,01201	0,706
06-D-01	165,497	11776,483	108,520	3356,829	0,01207	0,591
07-D-01	162,828	11944,885	109,293	5609,456	0,01203	0,590
08-D-01	161,192	11546,136	107,453	5174,333	0,01211	0,649
09-D-01	151,118	12367,763	111,210	4848,073	0,01199	0,731
10-D-01	171,020	11022,882	104,990	2126,790	0,01218	0,523
11-D-01	160,068	11733,228	108,320	4150,613	0,01201	0,670
12-D-01	146,726	10702,784	103,454	4671,792	0,01197	0,936
13-D-01	152,024	11010,832	104,933	4573,315	0,01203	0,821
14-D-01	151,468	12240,497	110,637	2126,516	0,01210	0,660
15-D-01	144,296	12560,024	112,072	4415,342	0,01218	0,680
16-D-01	145,801	12327,373	111,029	2634,469	0,01208	0,785
17-D-01	161,251	11982,144	109,463	917,765	0,01216	0,567
18-D-01	169,101	11713,219	108,228	5229,997	0,01199	0,563
19-D-01	126,453	13513,348	116,247	3965,544	0,01218	0,694
20-D-01	138,968	13241,329	115,071	3229,864	0,01231	0,604
21-D-01	150,165	11333,632	106,460	4637,790	0,01201	0,783
22-D-01	141,619	13299,974	115,326	3914,703	0,01231	0,564
23-D-01	139,347	10515,232	102,544	1939,097	0,01221	1,005
24-D-01	148,238	11982,303	109,464	2403,941	0,01211	0,726
25-D-01	164,156	11503,879	107,256	6560,757	0,01209	0,605
26-D-01	163,745	11552,317	107,482	4278,307	0,01221	0,589
27-D-01	156,531	12104,558	110,021	1811,736	0,01211	0,604
28-D-01	153,970	12185,204	110,387	3470,152	0,01206	0,695
29-D-01	162,809	11473,975	107,117	3461,133	0,01205	0,642
30-D-01	175,444	10538,605	102,658	1636,927	0,01219	0,504
31-D-01	160,735	11312,706	106,361	1589,904	0,01208	0,670
32-D-01	160,746	11536,774	107,409	1642,447	0,01209	0,653
33-D-01	160,657	11666,891	108,013	3647,831	0,01207	0,652
34-D-01	167,157	11499,856	107,237	1793,229	0,01207	0,598
35-D-01	146,011	12678,135	112,597	4089,721	0,01212	0,685
36-D-01	166,872	11483,543	107,161	2486,469	0,01206	0,589
37-D-01	149,721	12177,839	110,353	1695,949	0,01213	0,723
38-D-01	161,613	12264,218	110,744	6750,557	0,01216	0,518
39-D-01	138,165	11427,730	106,901	4837,372	0,01202	0,964
40-D-01	125,270	12988,806	113,968	466,409	0,01218	0,771
Rata-rata	154,385	11885,563	108,973	3583,173	0,01211	0,672

Tabel 3.2. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Netral

CITRA	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
01-N-01	156,640	12357,000	111,162	4285,766	0,01208	0,599
02-N-01	148,730	12378,498	111,259	3342,367	0,01214	0,666
03-N-01	142,128	12480,775	111,717	4384,104	0,01207	0,724
04-N-01	151,748	12505,915	111,830	5669,009	0,01203	0,688
05-N-01	153,413	12360,150	111,176	4282,766	0,01205	0,659
06-N-01	156,643	12452,298	111,590	3391,053	0,01212	0,601
07-N-01	159,200	12294,785	110,882	3681,694	0,01221	0,520
08-N-01	148,866	12564,932	112,093	4359,325	0,01210	0,650
09-N-01	138,267	9915,910	99,579	5837,562	0,01202	1,122
10-N-01	163,308	11756,872	108,429	3349,833	0,01221	0,532
11-N-01	163,719	12040,091	109,727	4616,620	0,01214	0,544
12-N-01	151,454	12648,094	112,464	5633,860	0,01199	0,690
13-N-01	141,294	10630,736	103,105	6286,855	0,01205	0,996
14-N-01	136,793	13242,926	115,078	790,385	0,01211	0,691
15-N-01	144,019	12993,266	113,988	3368,947	0,01221	0,621
16-N-01	154,969	12517,112	111,880	3856,349	0,01214	0,592
17-N-01	154,932	12537,131	111,969	1997,292	0,01217	0,566
18-N-01	155,580	11905,237	109,111	5056,368	0,01196	0,732
19-N-01	129,006	9748,630	98,735	3070,141	0,01240	1,186
20-N-01	124,896	13820,978	117,563	3041,638	0,01250	0,567
21-N-01	148,928	12341,053	111,090	6086,305	0,01199	0,694
22-N-01	136,207	13429,167	115,884	4129,480	0,01234	0,574
23-N-01	140,638	10562,455	102,774	3129,494	0,01206	0,982
24-N-01	157,024	12703,519	112,710	2468,418	0,01212	0,536
25-N-01	165,527	11540,055	107,425	2427,781	0,01209	0,565
26-N-01	164,207	11683,687	108,091	3440,750	0,01210	0,579
27-N-01	142,116	12036,528	109,711	1341,203	0,01200	0,881
28-N-01	146,540	11270,255	106,161	7428,107	0,01200	0,871
29-N-01	153,339	12704,495	112,714	5958,797	0,01210	0,608
30-N-01	170,465	11475,558	107,124	2567,508	0,01205	0,529
31-N-01	164,550	11235,309	105,997	1496,192	0,01209	0,616
32-N-01	146,516	12439,805	111,534	1915,756	0,01204	0,731
33-N-01	160,663	11927,539	109,213	2487,641	0,01214	0,567
34-N-01	155,257	12028,812	109,676	1283,467	0,01203	0,715
35-N-01	154,610	12270,993	110,775	3843,102	0,01206	0,669
36-N-01	158,901	12106,532	110,030	3841,361	0,01205	0,631
37-N-01	137,609	10278,816	101,384	4003,129	0,01207	1,068
38-N-01	151,488	12817,891	113,216	8591,681	0,01204	0,636
39-N-01	152,268	12744,469	112,891	4620,692	0,01203	0,660
40-N-01	140,896	11473,097	107,113	1630,158	0,01207	0,893
Rata-rata	150,584	12055,534	109,721	3824,824	0,01210	0,699

Tabel 3.3. Sampel Data Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sidik Jari Berminyak

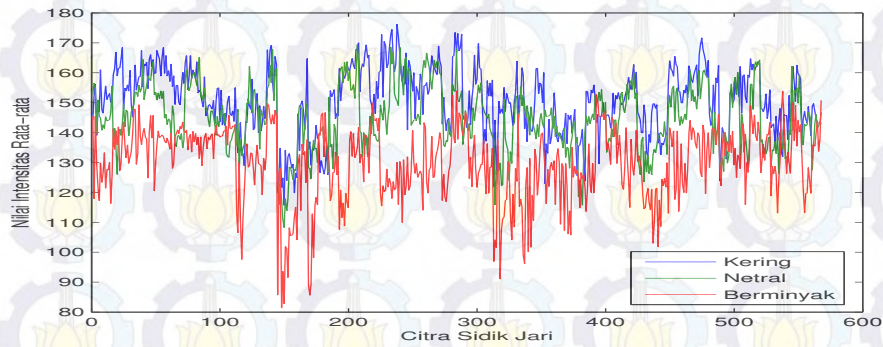
CITRA	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
01-O-01	147,430	7740,280	87,979	3182,320	0,01241	1,234
02-O-01	132,235	12364,305	111,195	3776,920	0,01213	0,862
03-O-01	142,441	8796,803	93,791	2869,629	0,01215	1,189
04-O-01	146,044	12552,106	112,036	5651,644	0,01200	0,774
05-O-01	149,584	7307,416	85,483	2598,190	0,01242	1,230
06-O-01	143,166	7652,178	87,477	3313,230	0,01228	1,301
07-O-01	125,556	12349,070	111,126	4366,463	0,01208	0,894
08-O-01	139,746	10720,683	103,541	4193,966	0,01222	0,953
09-O-01	139,857	10105,861	100,528	5769,506	0,01201	1,090
10-O-01	146,125	12696,182	112,677	4627,176	0,01207	0,703
11-O-01	140,349	8612,743	92,805	4312,963	0,01214	1,251
12-O-01	140,177	9129,532	95,549	2342,641	0,01215	1,208
13-O-01	144,276	10742,487	103,646	5974,138	0,01197	0,949
14-O-01	146,871	6939,975	83,307	976,063	0,01284	1,353
15-O-01	119,035	13878,856	117,809	2369,562	0,01232	0,630
16-O-01	138,867	9198,706	95,910	2156,064	0,01227	1,178
17-O-01	141,420	13146,085	114,656	3102,250	0,01208	0,710
18-O-01	150,755	7470,585	86,433	3738,272	0,01198	1,196
19-O-01	91,199	9894,943	99,473	4828,831	0,01253	1,291
20-O-01	95,649	12807,519	113,170	3135,971	0,01230	0,817
21-O-01	137,814	13750,183	117,261	5163,431	0,01220	0,539
22-O-01	93,054	11134,672	105,521	2735,496	0,01231	1,050
23-O-01	142,107	6907,454	83,111	848,244	0,01258	1,406
24-O-01	132,904	11572,982	107,578	2058,653	0,01204	0,969
25-O-01	111,468	10727,286	103,573	2822,360	0,01244	1,114
26-O-01	142,189	12435,033	111,512	3983,195	0,01207	0,792
27-O-01	131,477	9976,677	99,883	2026,595	0,01213	1,180
28-O-01	140,896	11576,012	107,592	4101,286	0,01208	0,878
29-O-01	122,960	8676,357	93,147	2369,382	0,01252	1,319
30-O-01	128,601	13551,385	116,410	2481,189	0,01210	0,678
31-O-01	131,717	8764,092	93,617	1289,604	0,01217	1,249
32-O-01	129,758	9286,774	96,368	849,524	0,01238	1,226
33-O-01	127,698	8906,212	94,373	2530,219	0,01230	1,288
34-O-01	141,581	12930,520	113,712	1408,084	0,01209	0,726
35-O-01	119,916	9295,002	96,411	2506,114	0,01220	1,339
36-O-01	157,783	12156,553	110,257	3648,105	0,01208	0,628
37-O-01	140,878	7628,082	87,339	3347,652	0,01260	1,342
38-O-01	136,059	11384,202	106,697	7220,366	0,01214	0,918
39-O-01	142,221	11468,571	107,091	3012,952	0,01211	0,877
40-O-01	99,450	8978,606	94,756	2830,191	0,01242	1,490
Rata-rata	133,283	10380,324	101,370	3262,961	0,01223	1,045



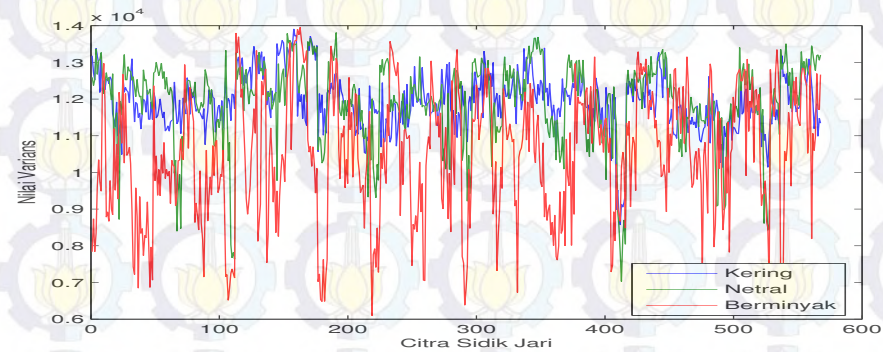
Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 3b

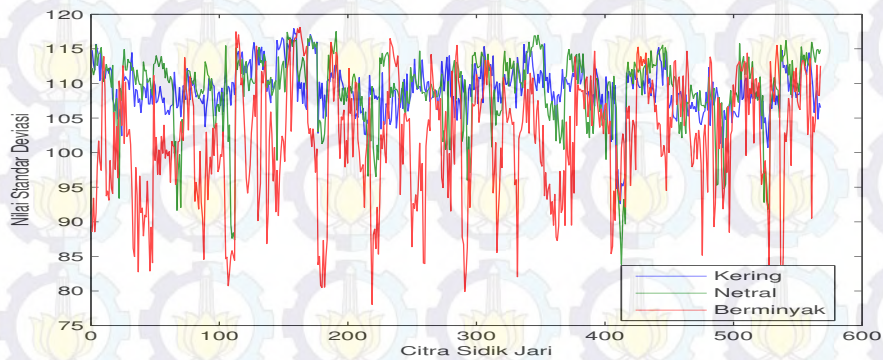
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Global Citra



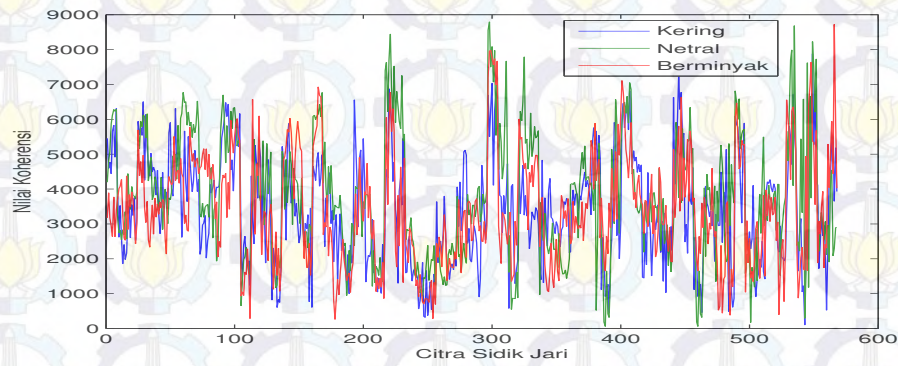
Gambar 3b.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Nilai Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra



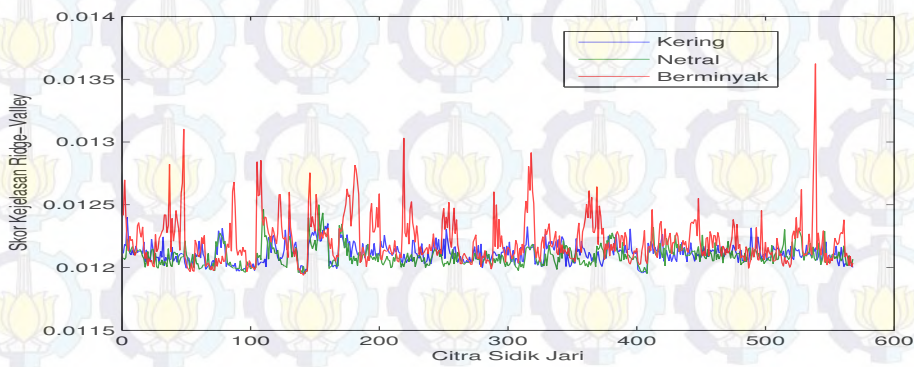
Gambar 3b.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Nilai Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra



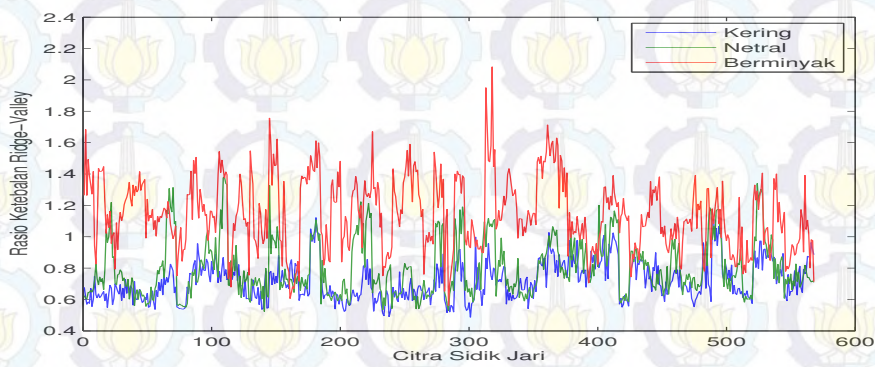
Gambar 3b.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Nilai Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra



Gambar 3b.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Nilai Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra

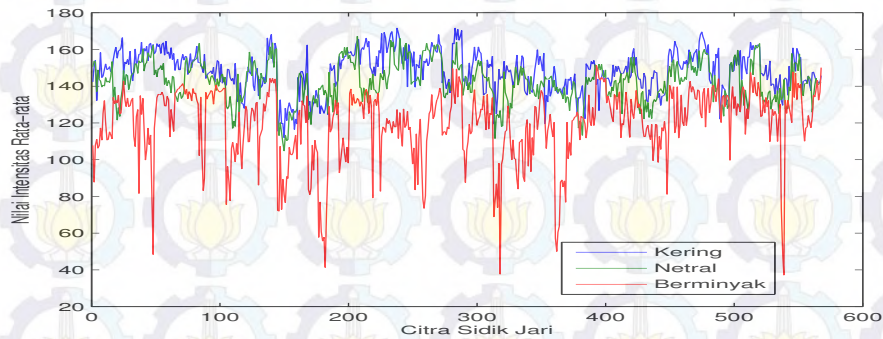


Gambar 3b.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Nilai Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra

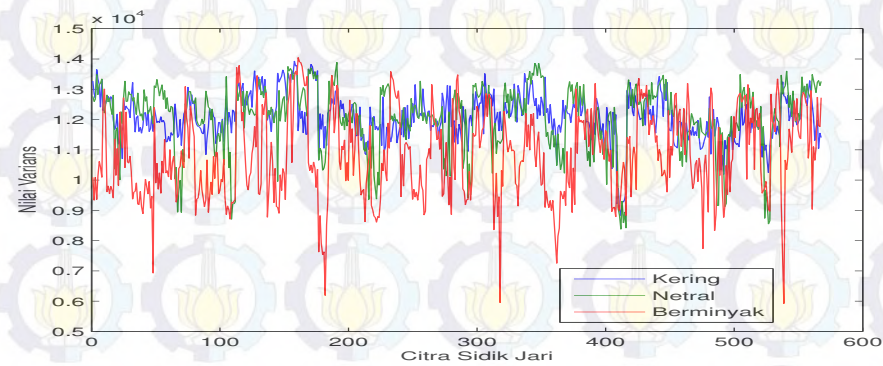


Gambar 3b.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* (*TR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Nilai Rata-rata Intensitas Keabuan Global Citra

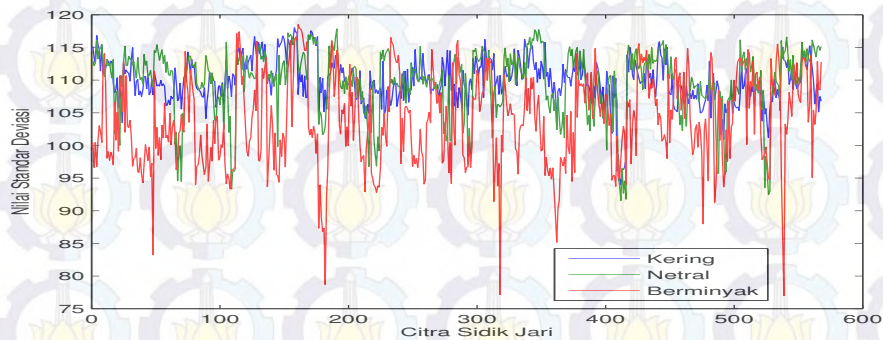
Lampiran 3c
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
Berdasarkan Standar Deviasi Global Citra



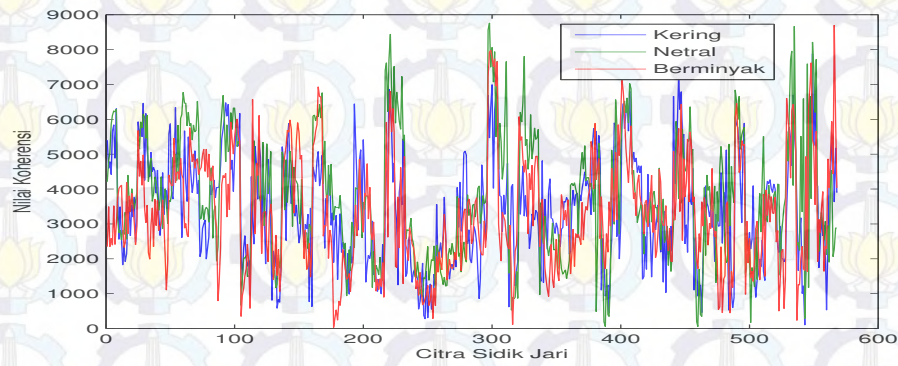
Gambar 3c.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Standar Deviasi Global Citra



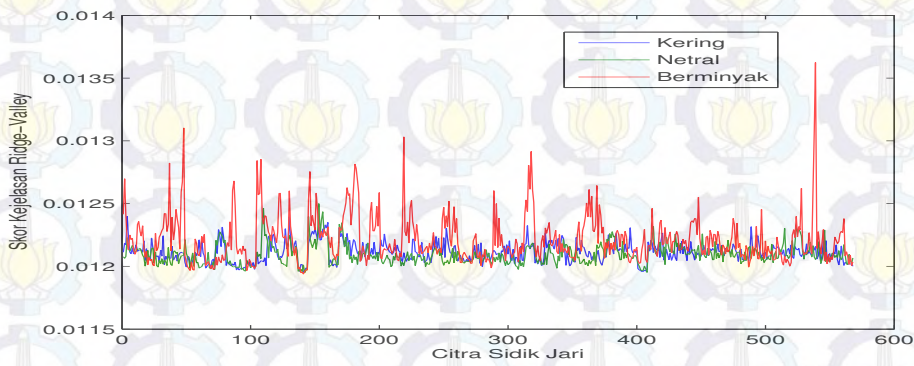
Gambar 3c.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Standar Deviasi Global Citra



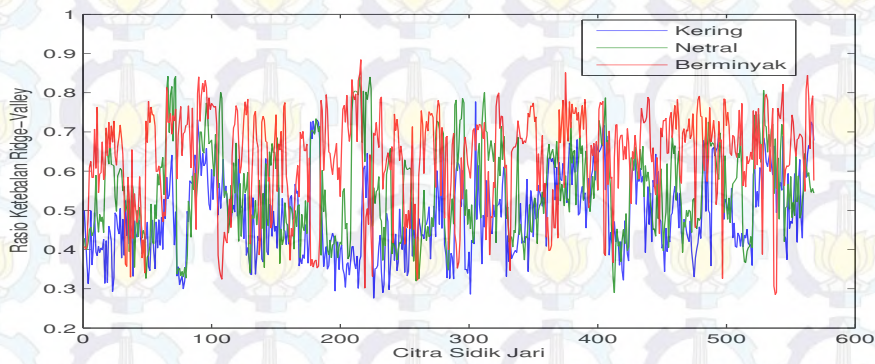
Gambar 3c.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Standar Deviasi Global Citra



Gambar 3c.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Standar Deviasi Global Citra



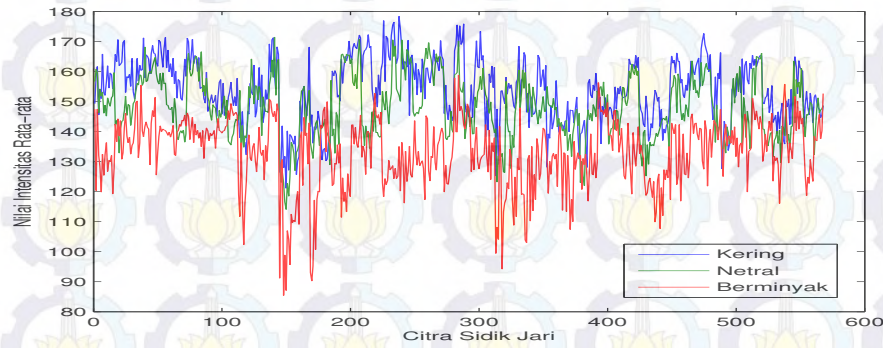
Gambar 3c.5. Grafik Fitur Skoor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Standar Deviasi Global Citra



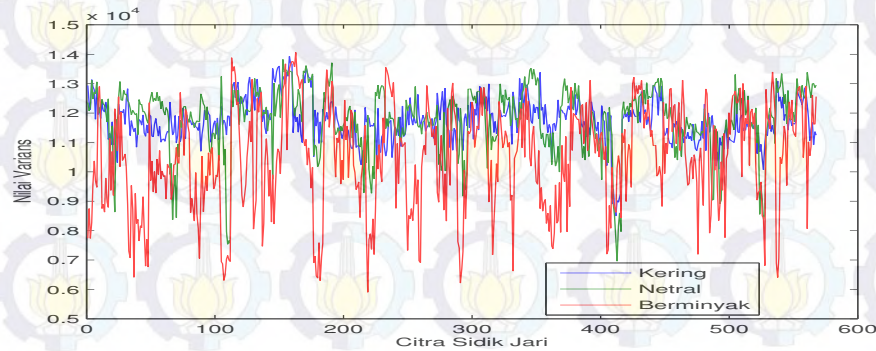
Gambar 3c.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Berdasarkan Standar Deviasi Global Citra

Lampiran 3d

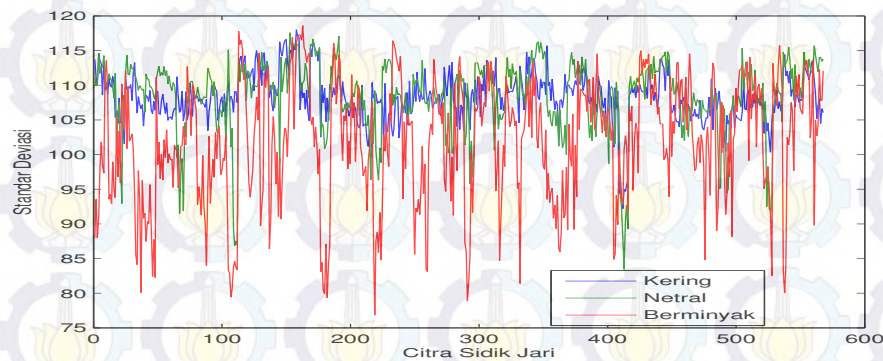
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan lokal Citra



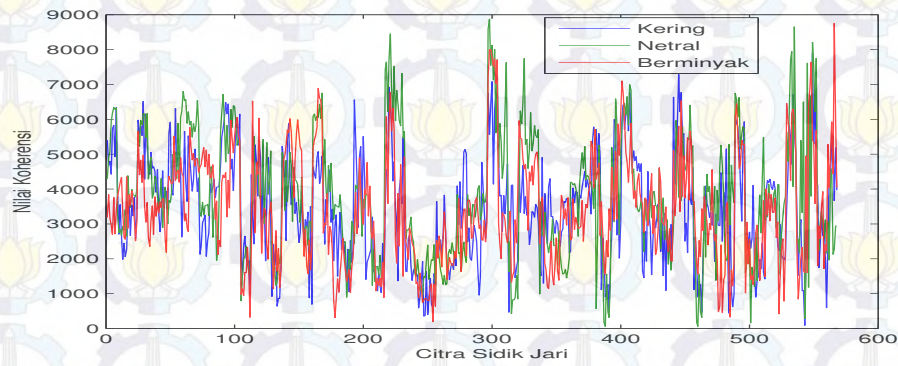
Gambar 3d.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (RR) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Lokal Citra



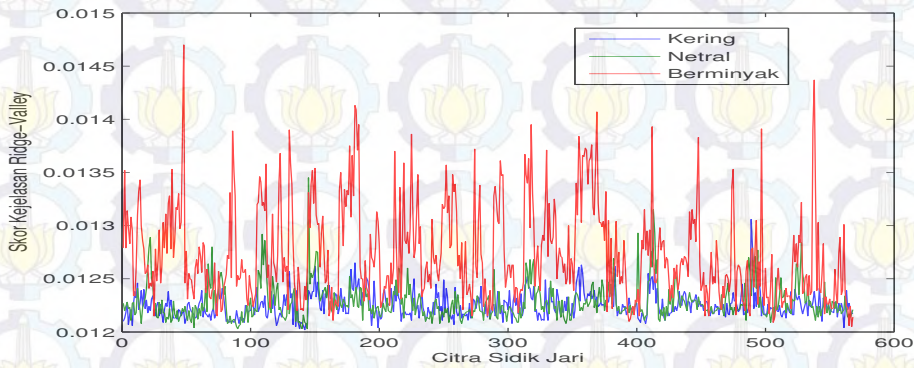
Gambar 3d.2. Grafik Fitur Nilai Varians (VAR) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Lokal Citra



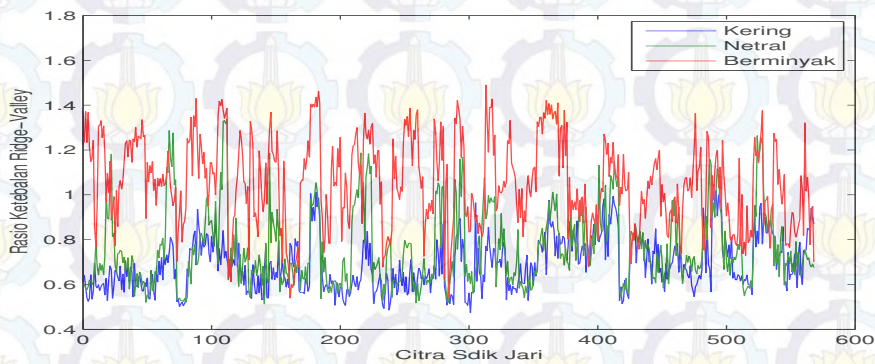
Gambar 3d.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (STD) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Lokal Citra



Gambar 3d.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Lokal Citra

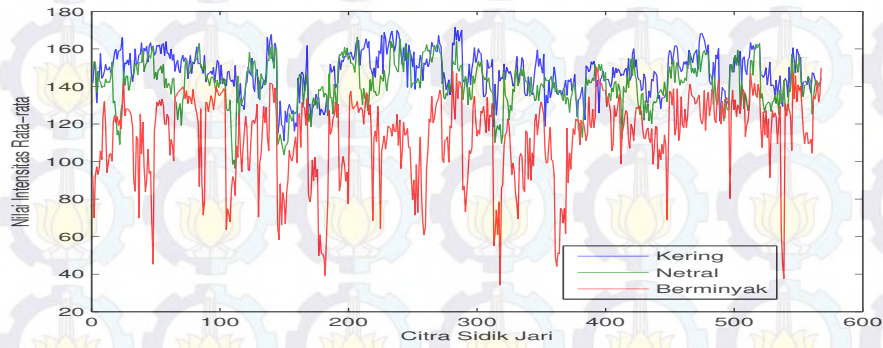


Gambar 3d.5. Grafik Fitur Skoor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Lokal Citra

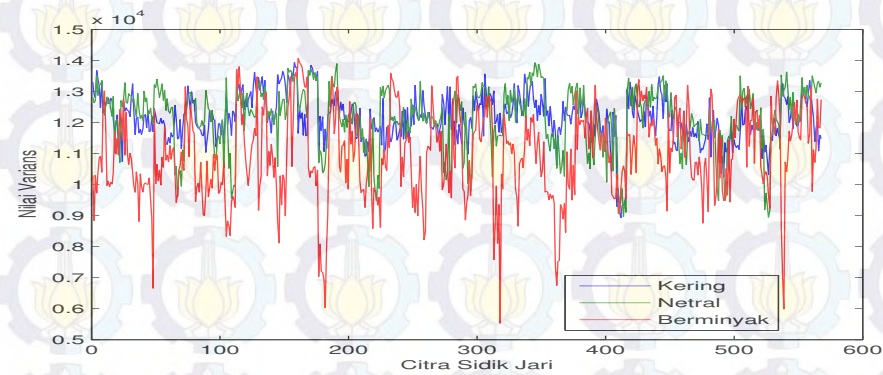


Gambar 3d.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Lokal Citra

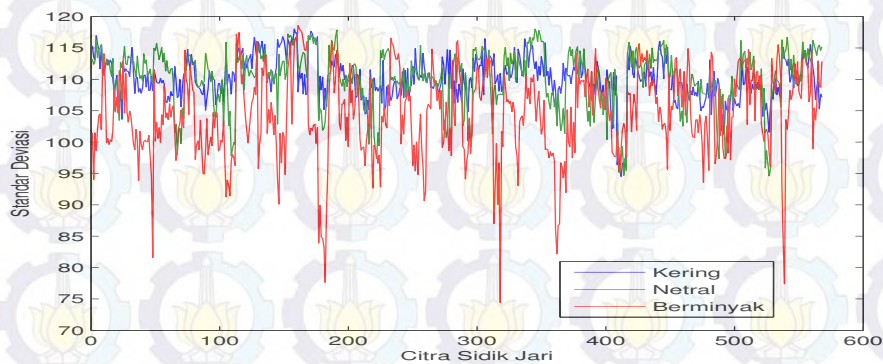
Lampiran 3e
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
Adaptif Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra



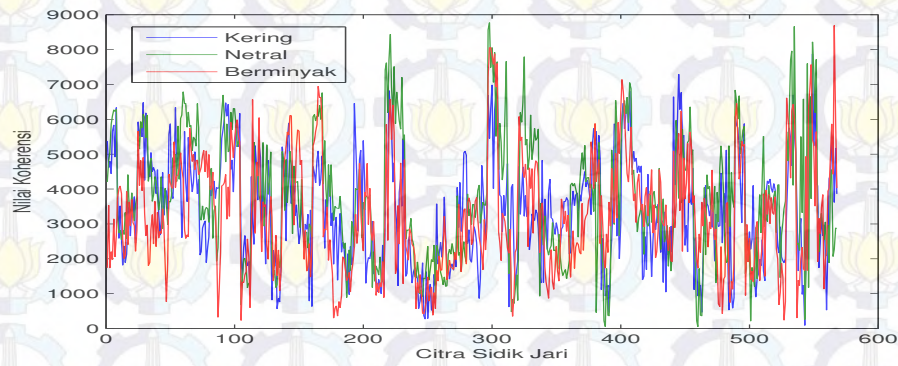
Gambar 3e.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra



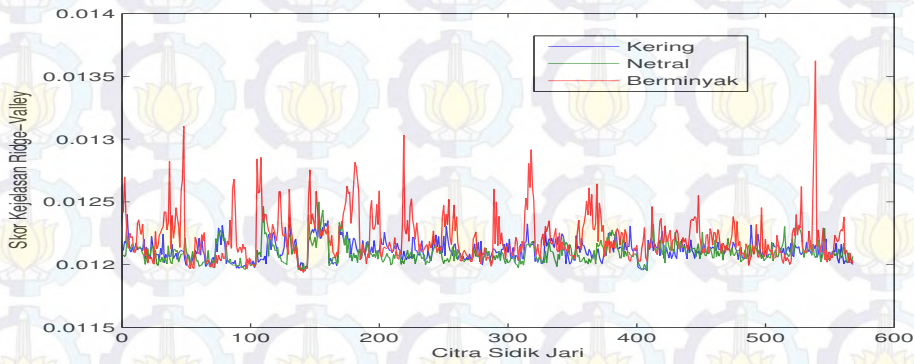
Gambar 3e.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra



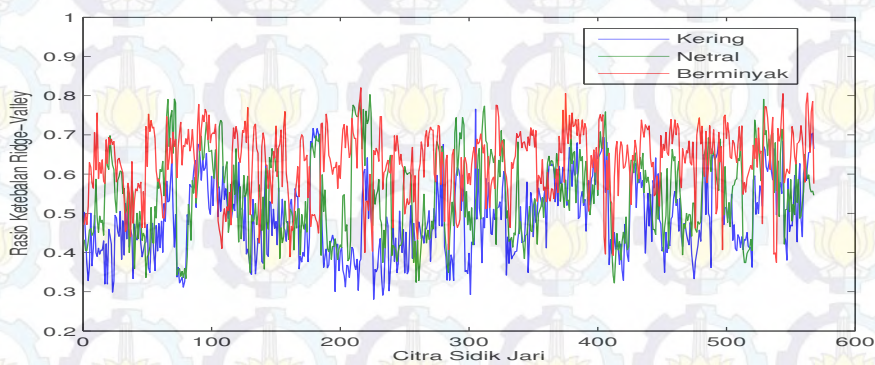
Gambar 3e.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra



Gambar 3e.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra

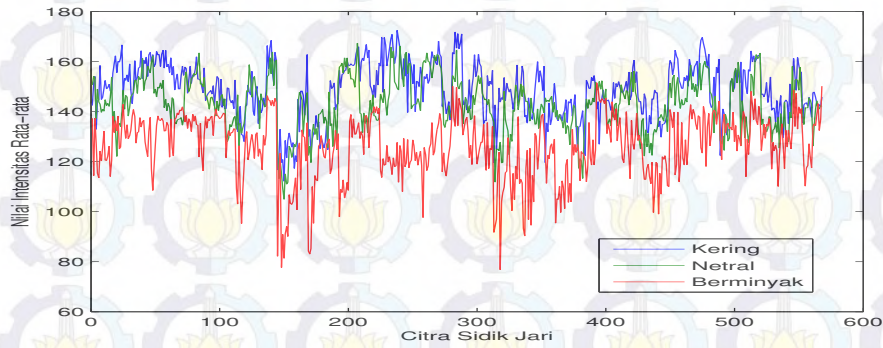


Gambar 3e.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra

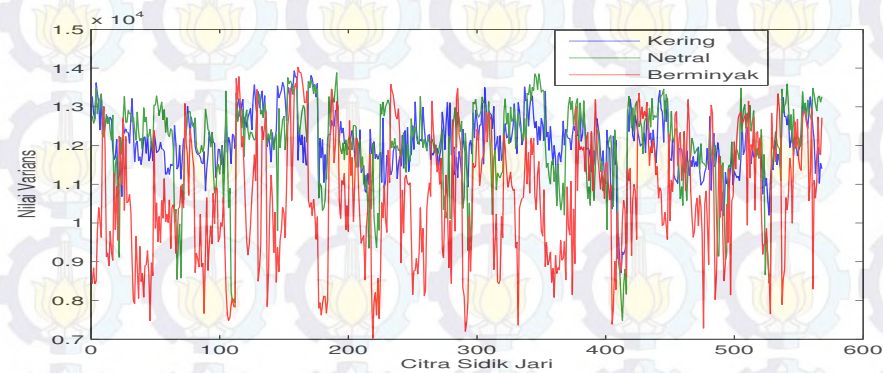


Gambar 3e.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Adaptif Berdasarkan Standar Deviasi Lokal Citra

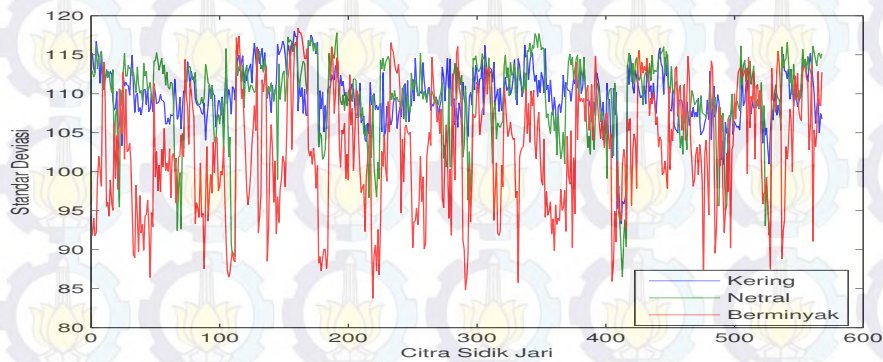
Lampiran 3f
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
dengan *Threshold* 110



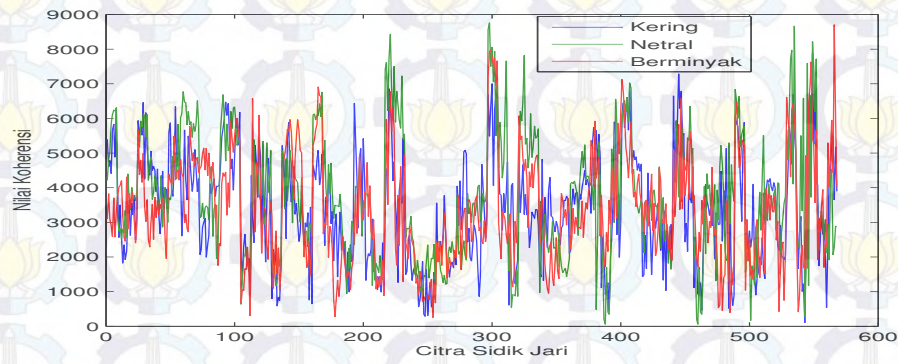
Gambar 3f.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 110



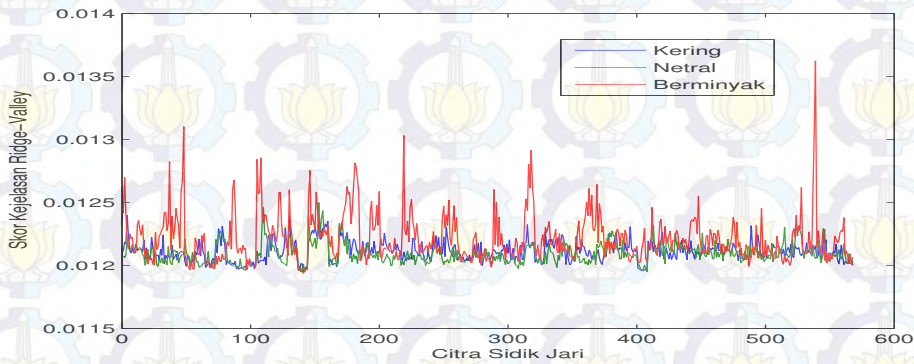
Gambar 3f.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 110



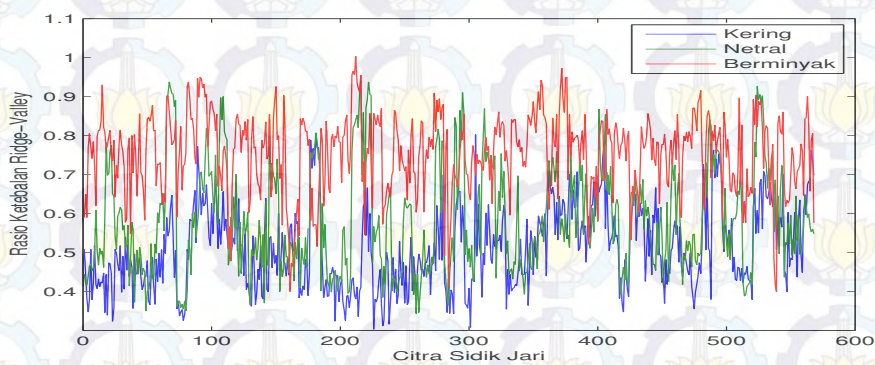
Gambar 3f.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 110



Gambar 3f.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 110

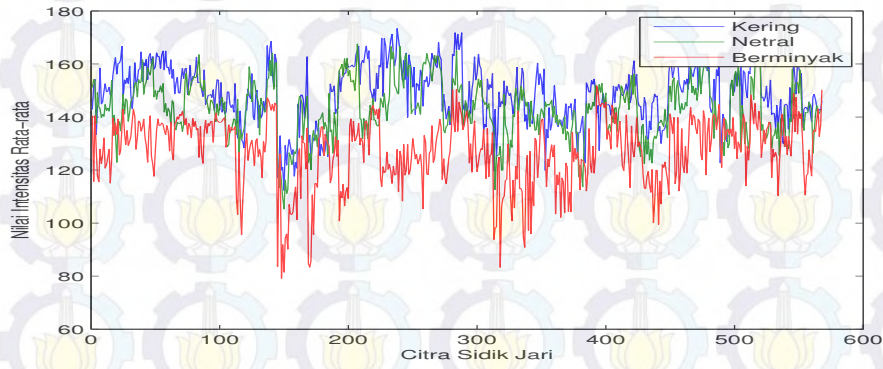


Gambar 3f.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 110

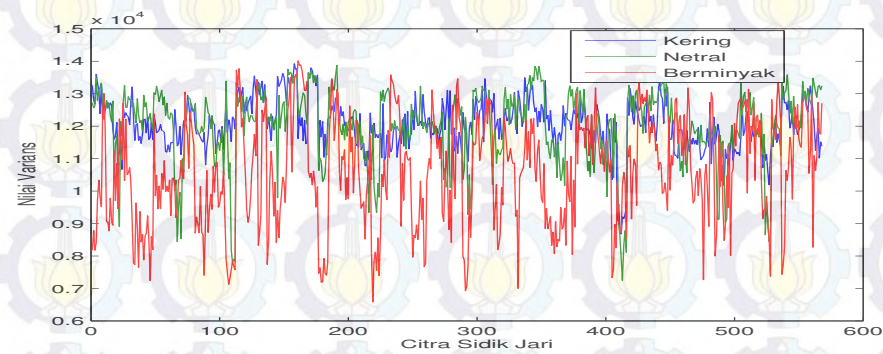


Gambar 3f.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 110

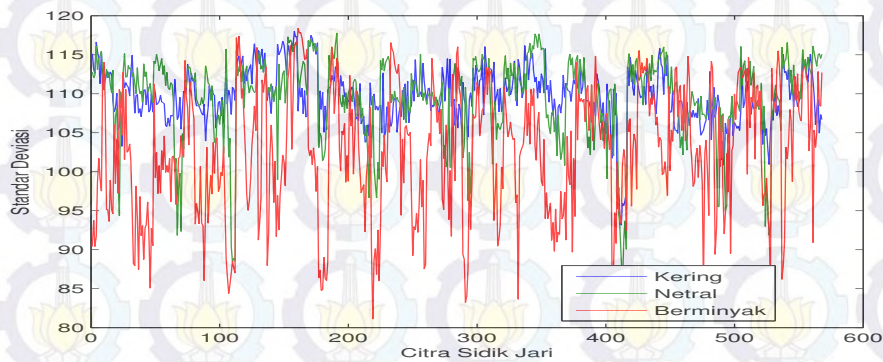
Lampiran 3g
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 120



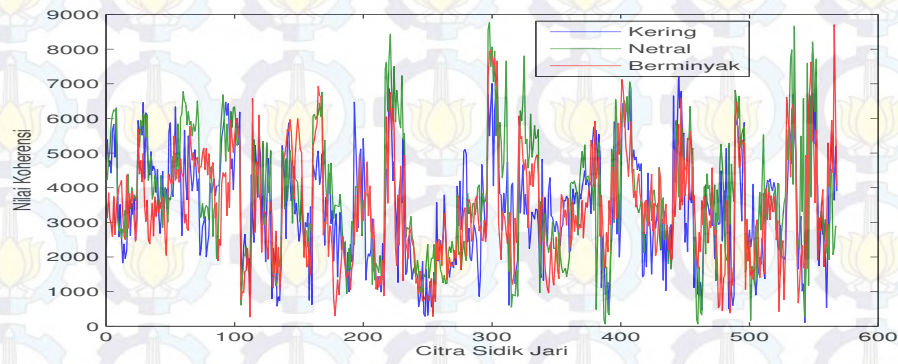
Gambar 3g.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 120



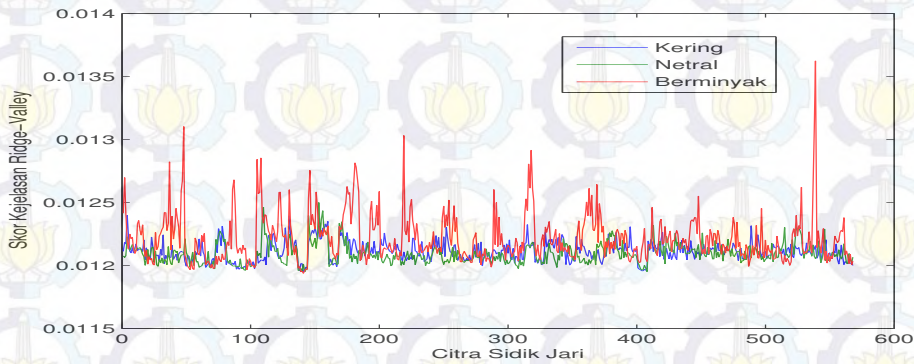
Gambar 3g.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 120



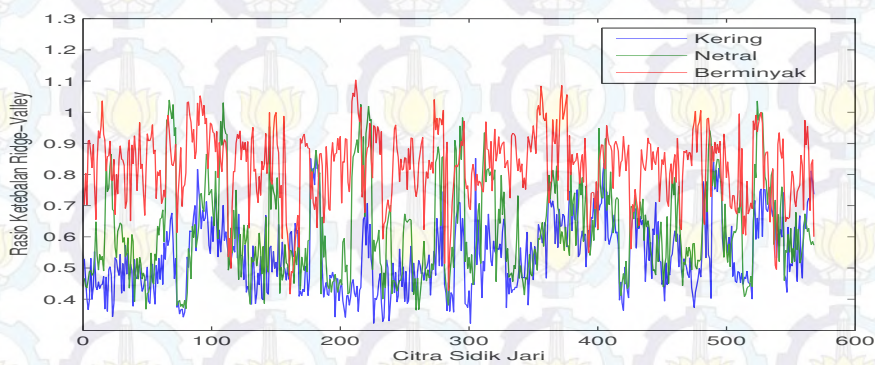
Gambar 3g.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 120



Gambar 3g.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 120

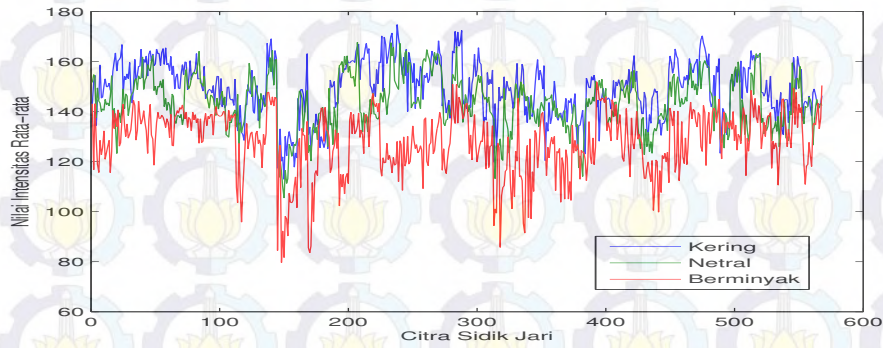


Gambar 3g.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 120

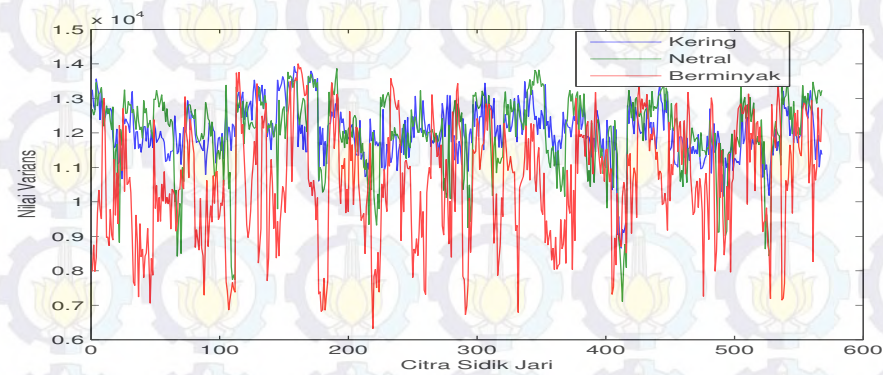


Gambar 3g.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 120

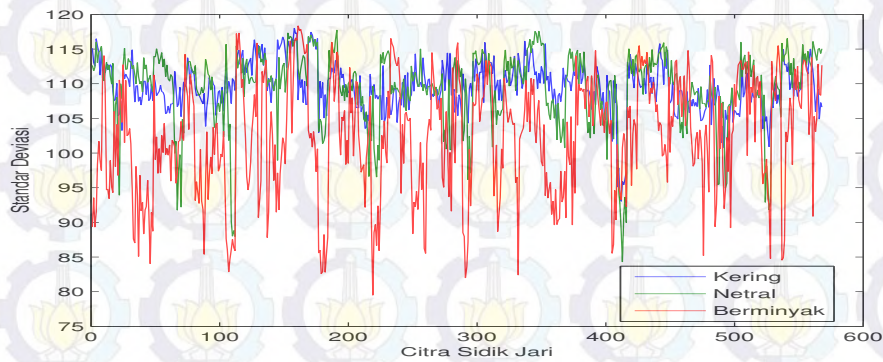
Lampiran 3h
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
dengan *Threshold* 130



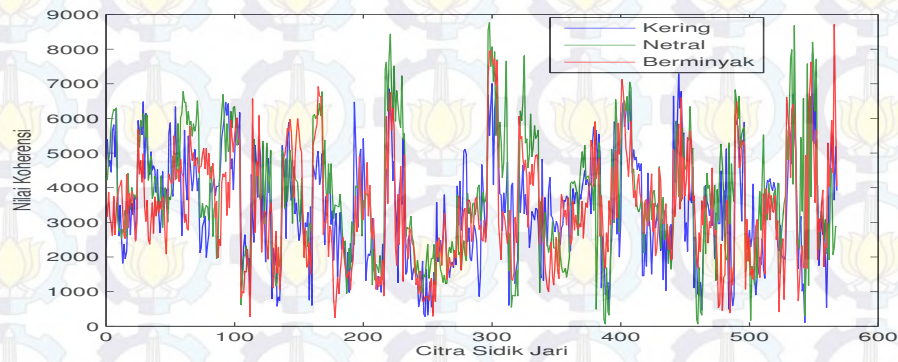
Gambar 3h.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 130



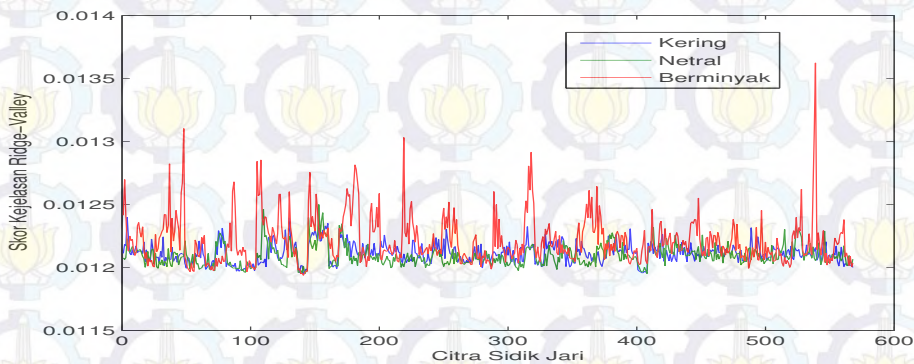
Gambar 3h.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 130



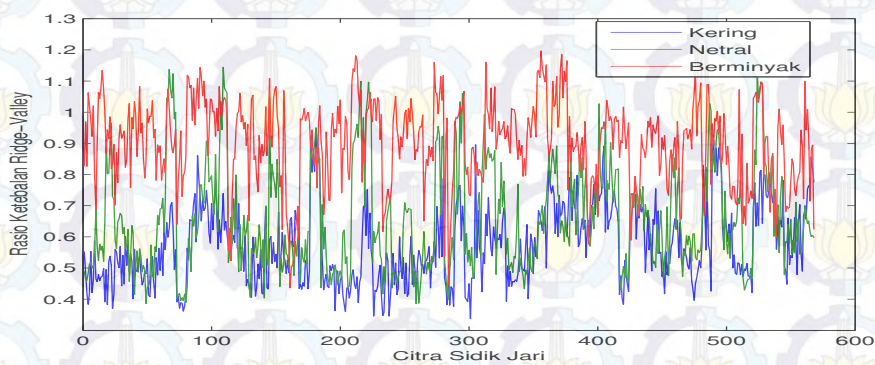
Gambar 3h.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 130



Gambar 3h.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 130

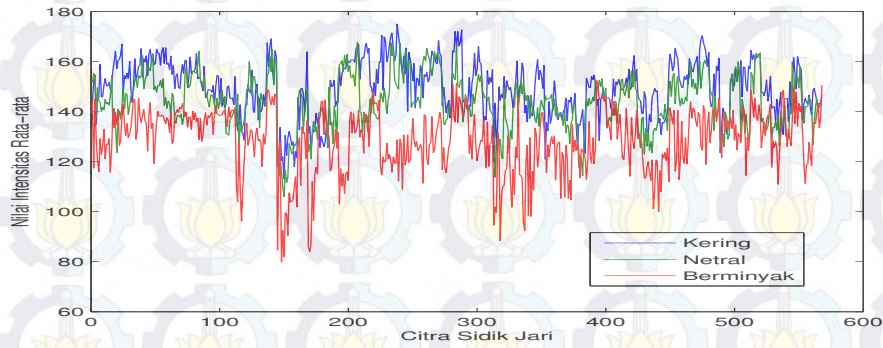


Gambar 3h.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 130

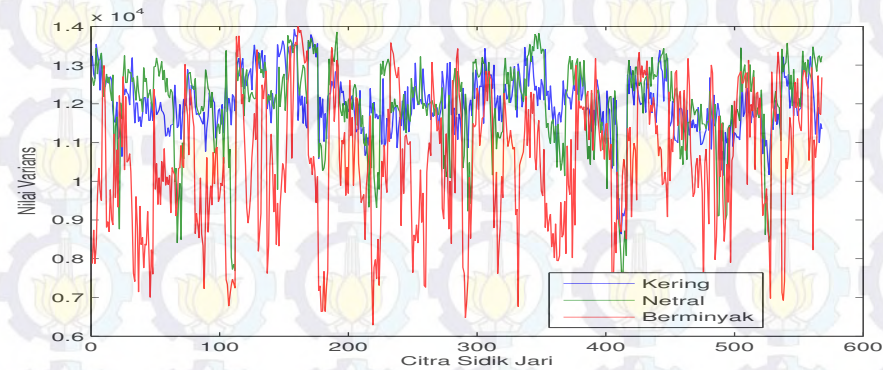


Gambar 3h.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 130

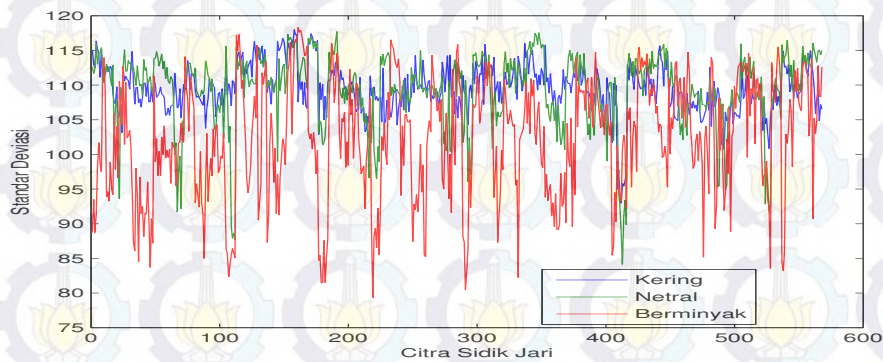
Lampiran 3i
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
dengan *Threshold* 140



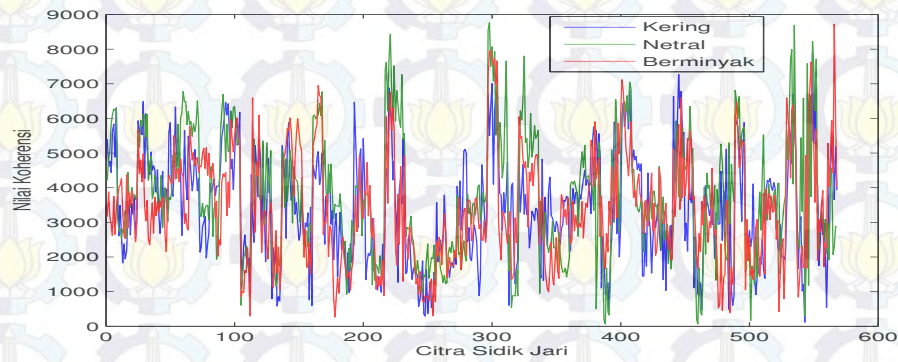
Gambar 3i.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 140



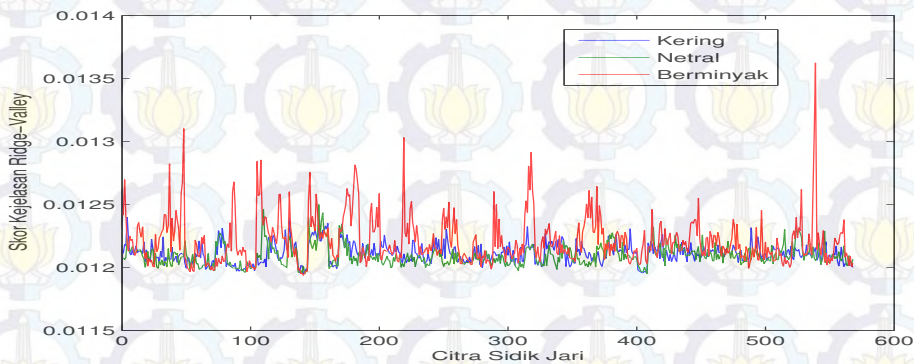
Gambar 3i.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 140



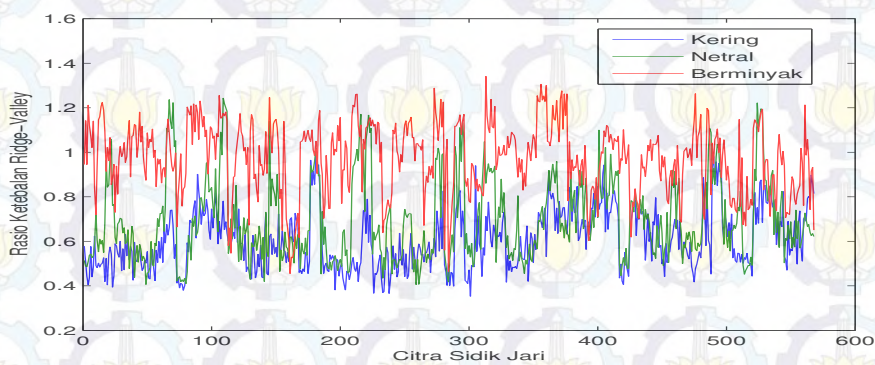
Gambar 3i.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 140



Gambar 3i.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 140

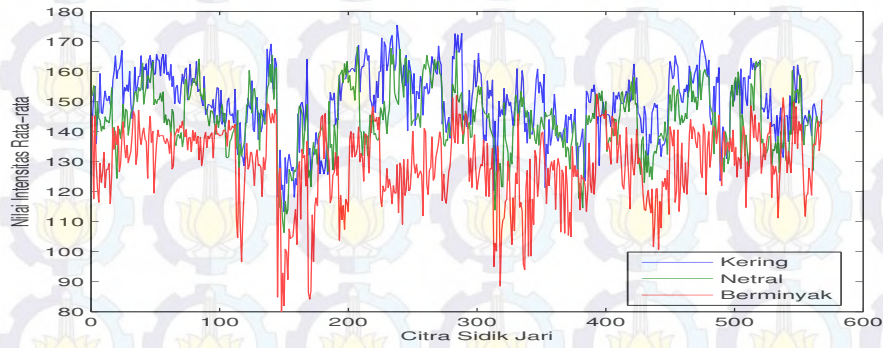


Gambar 3i.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 140

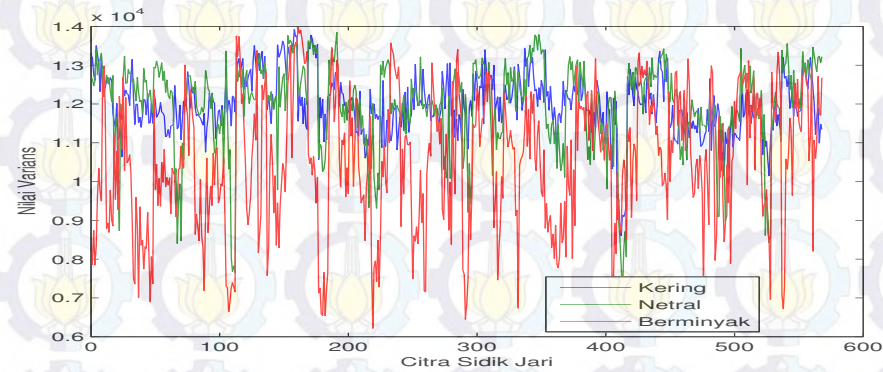


Gambar 3i.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 140

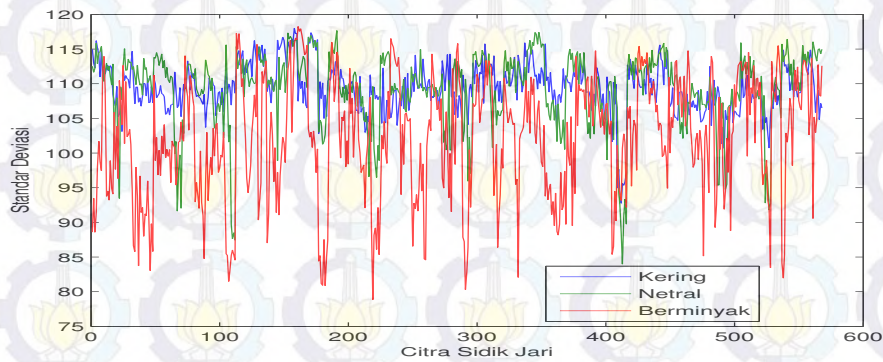
Lampiran 3j
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
dengan *Threshold* 150



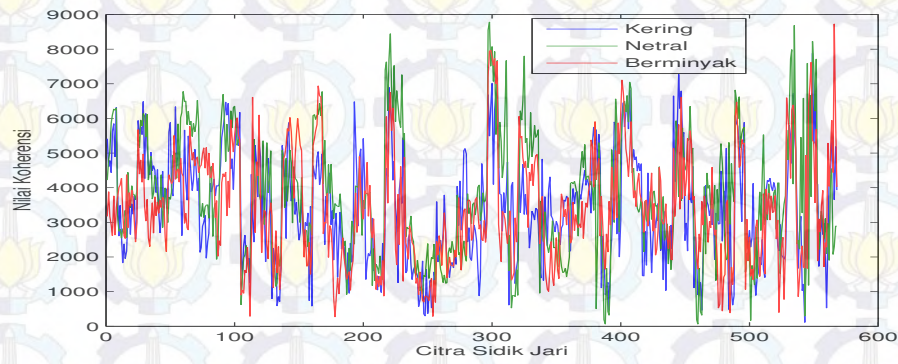
Gambar 3j.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 150



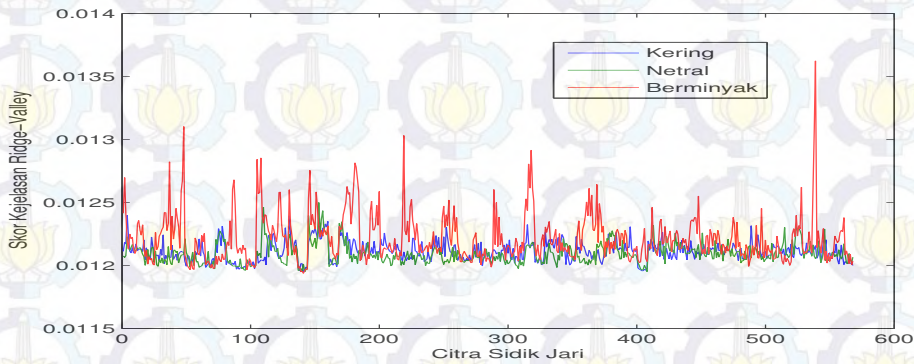
Gambar 3j.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 150



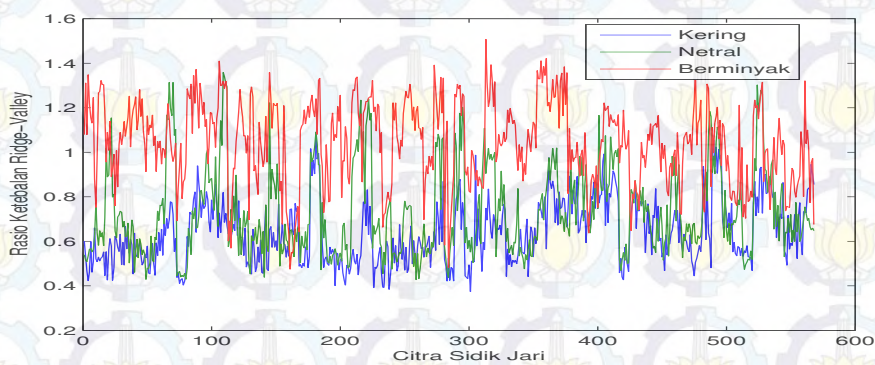
Gambar 3j.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 150



Gambar 3j.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 150

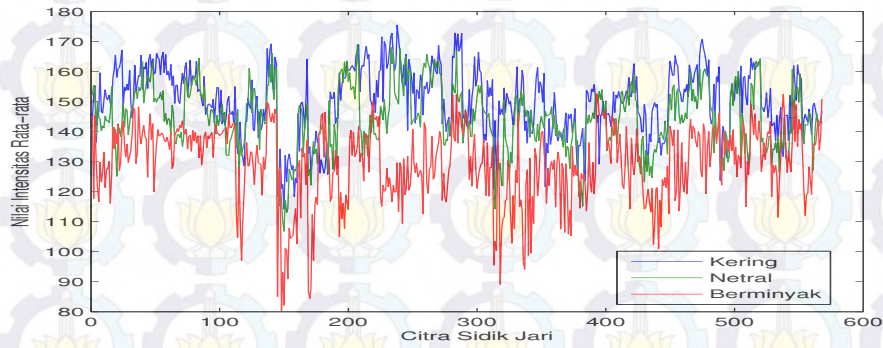


Gambar 3j.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 150

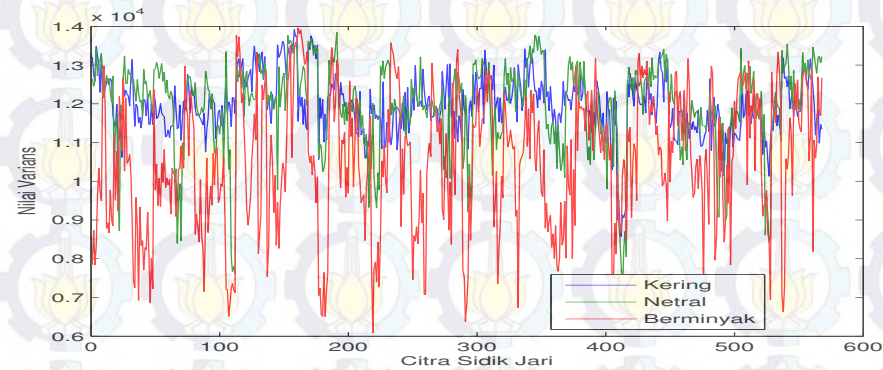


Gambar 3j.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 150

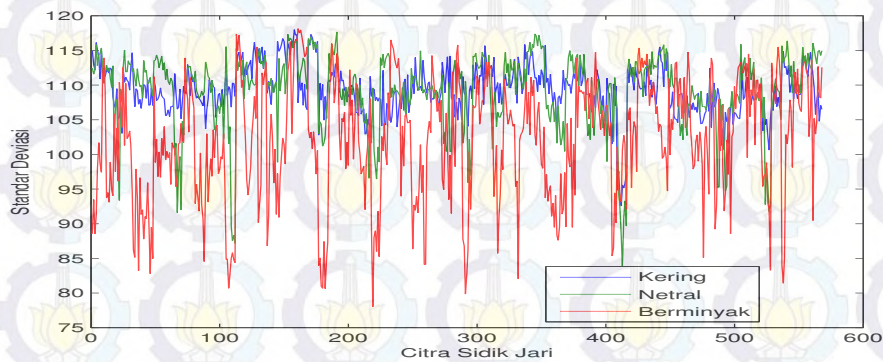
Lampiran 3k
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
dengan *Threshold* 160



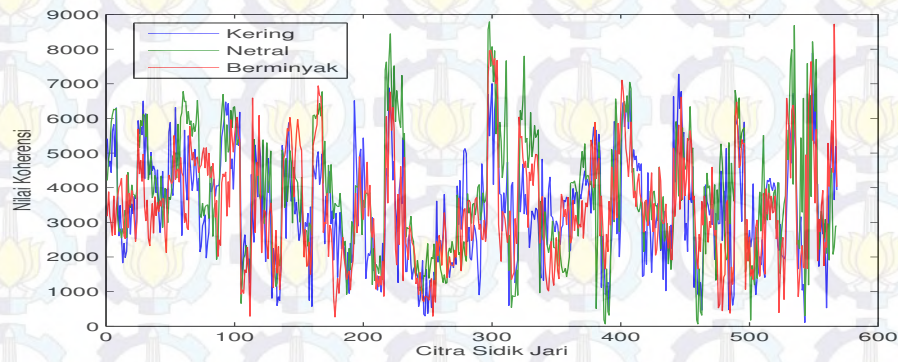
Gambar3k.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 160



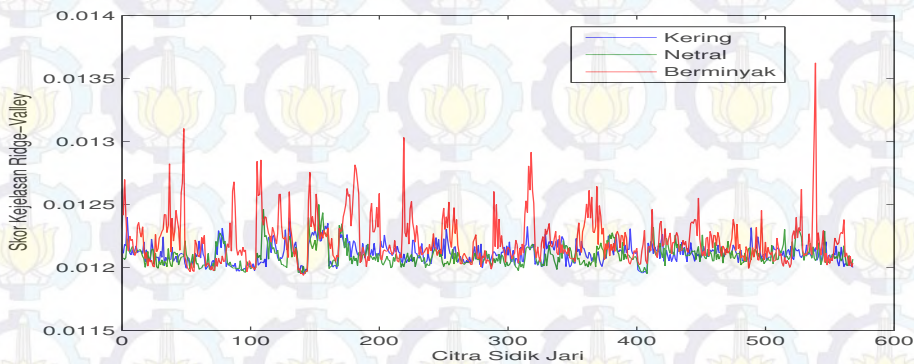
Gambar3k.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 160



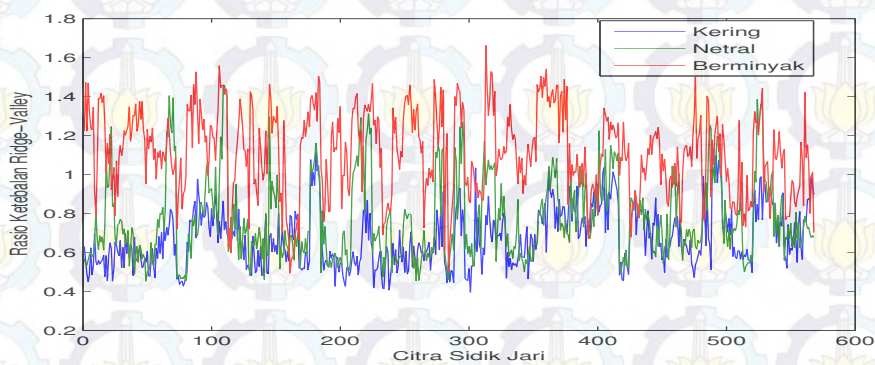
Gambar3k.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 160



Gambar3k.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 160

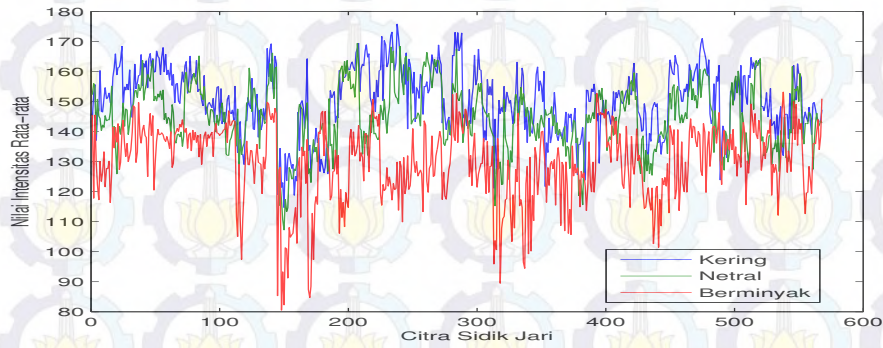


Gambar3k.5. Grafik Fitur Skoor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 160

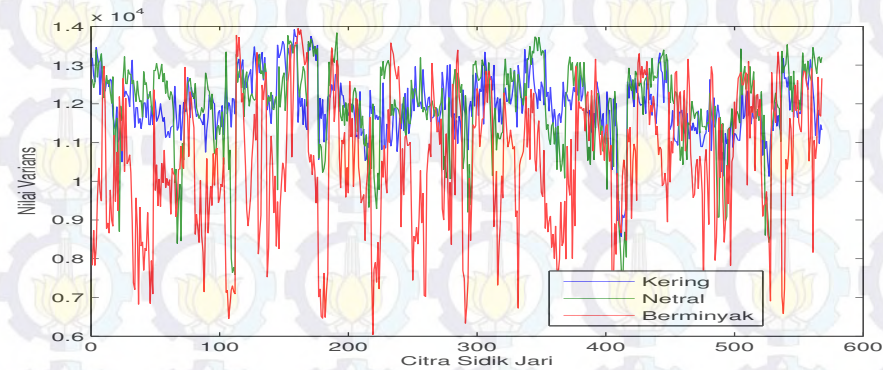


Gambar3k.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 160

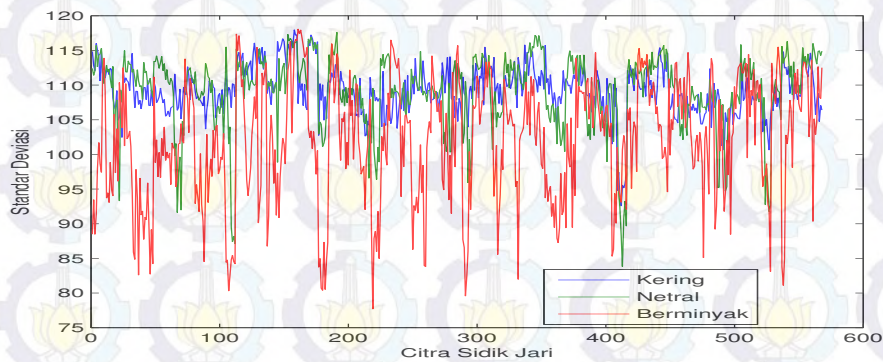
Lampiran 3l
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
dengan *Threshold* 170



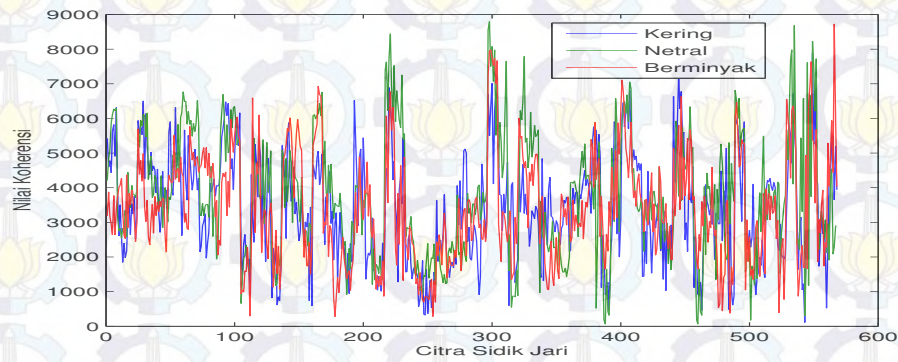
Gambar 31.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 170



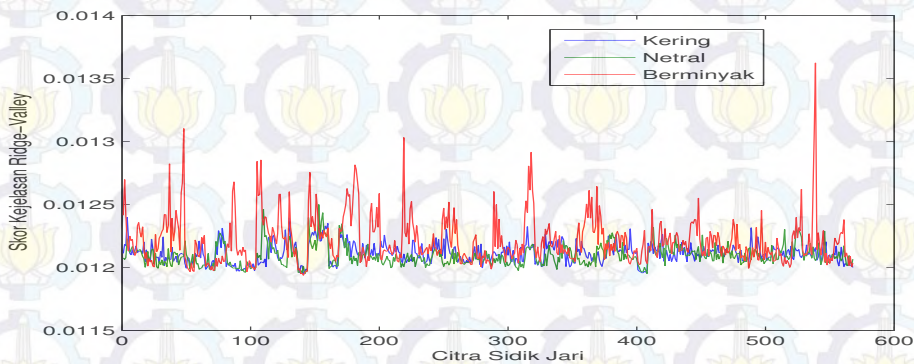
Gambar 31.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 170



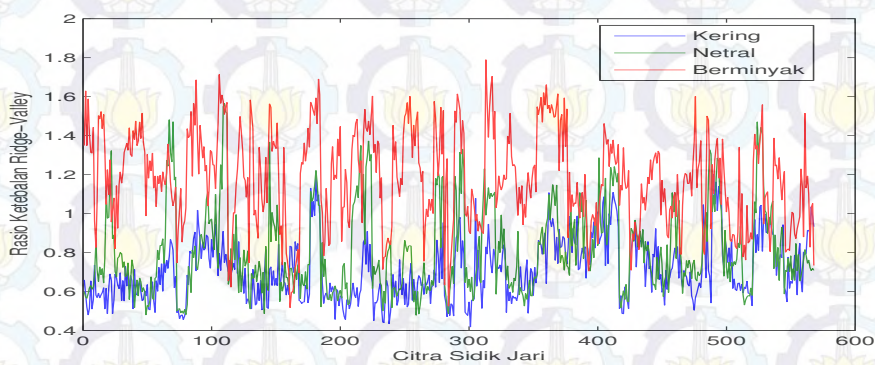
Gambar 31.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 170



Gambar 31.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 170

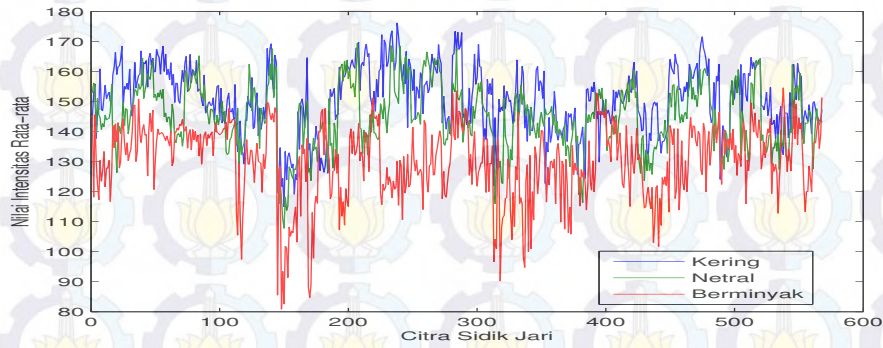


Gambar 31.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 170

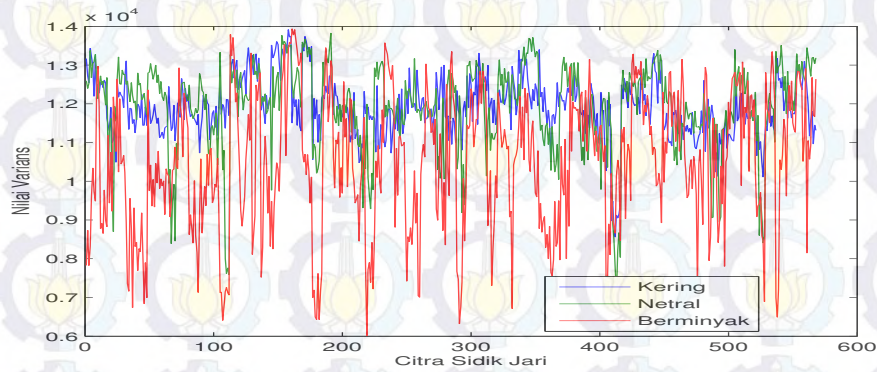


Gambar 31.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 170

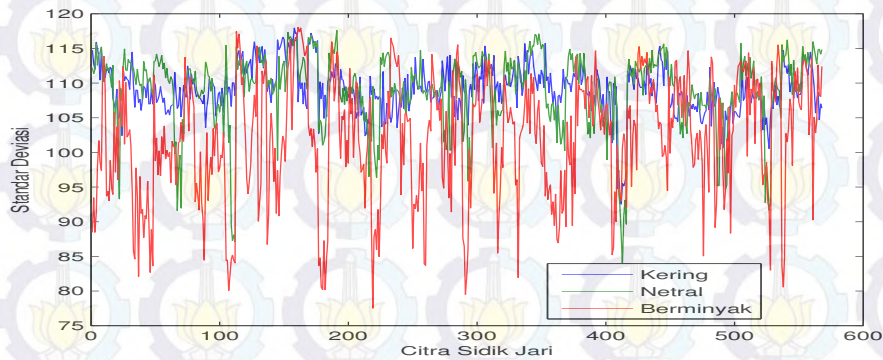
Lampiran 3m
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
dengan *Threshold* 180



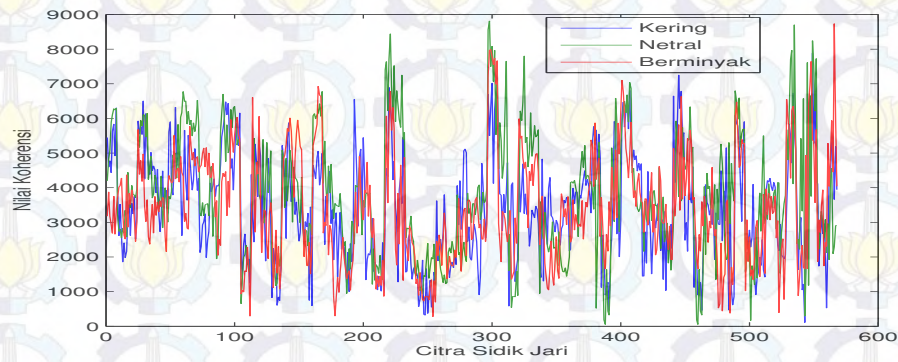
Gambar 3m.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 180



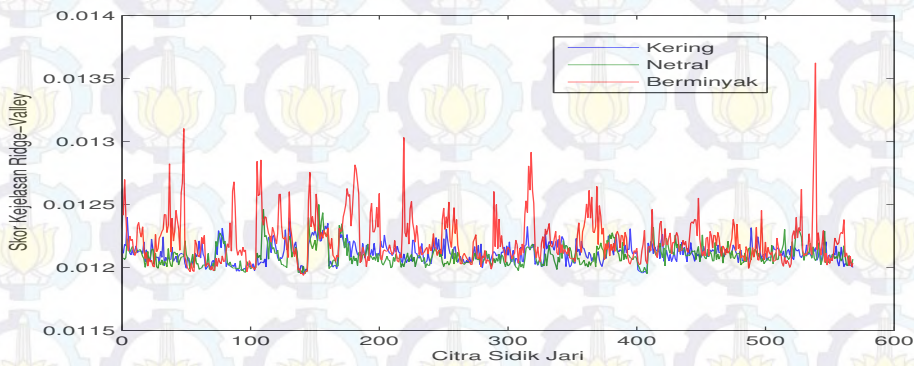
Gambar 3m.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 180



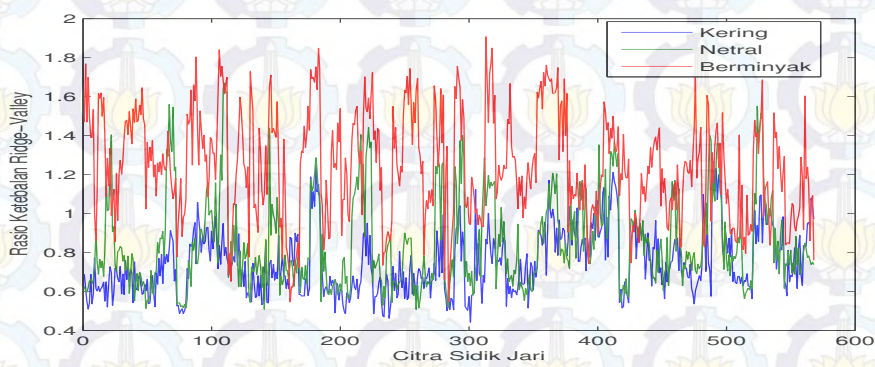
Gambar 3m.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 180



Gambar 3m.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 180

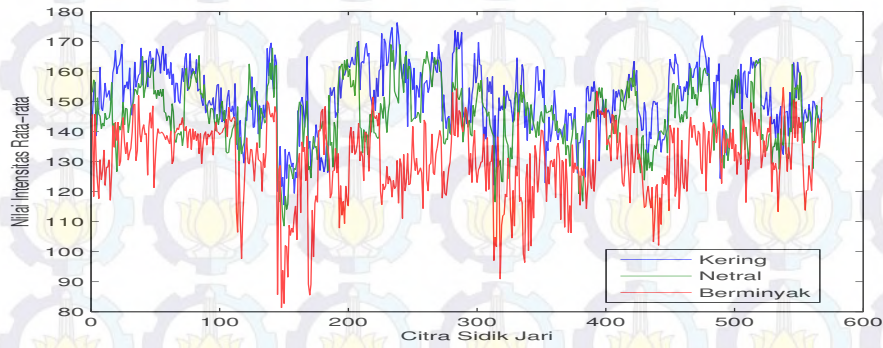


Gambar 3m.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 180

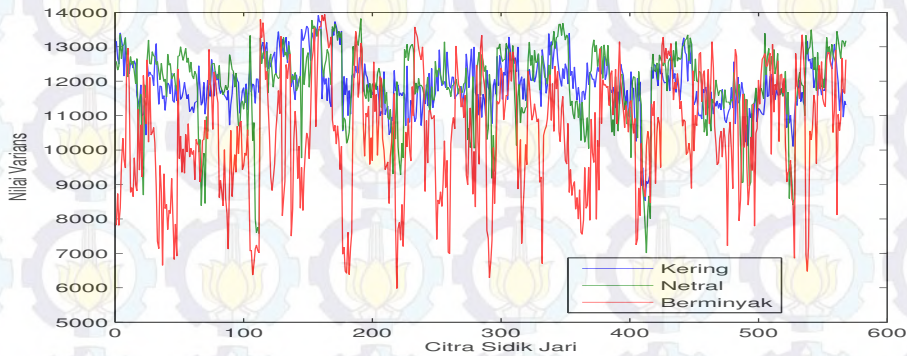


Gambar 3m.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 180

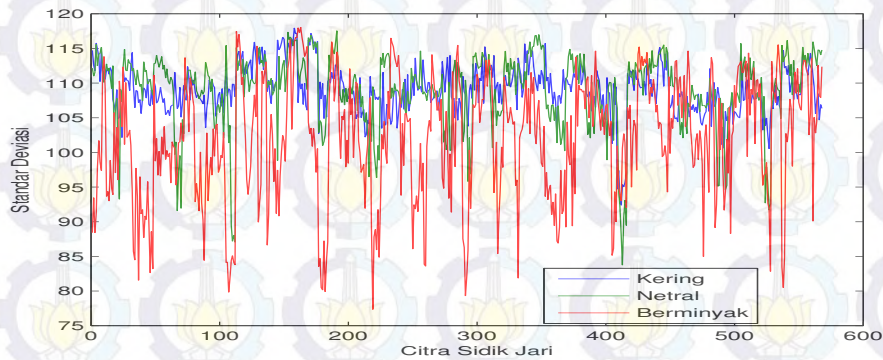
Lampiran 3n
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 190



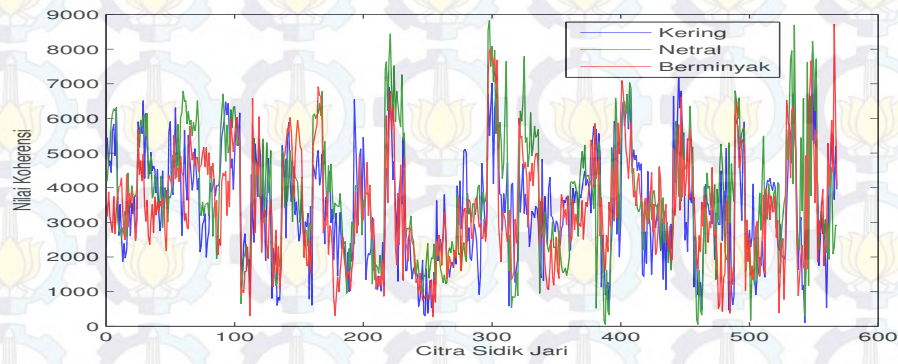
Gambar 3n.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 190



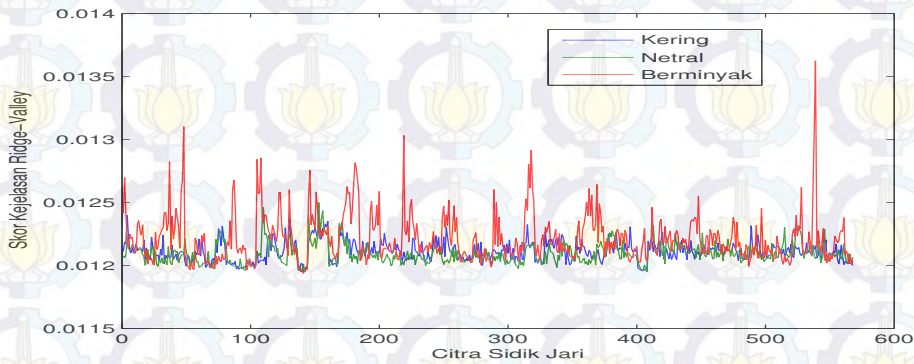
Gambar 3n.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 190



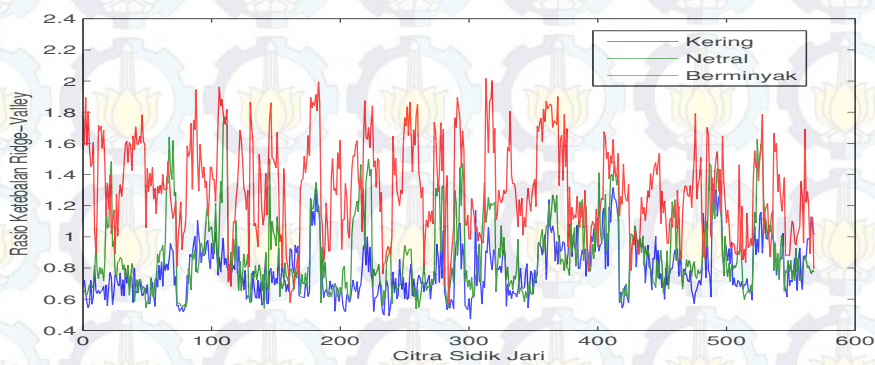
Gambar 3n.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 190



Gambar 3n.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (*KOH*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 190

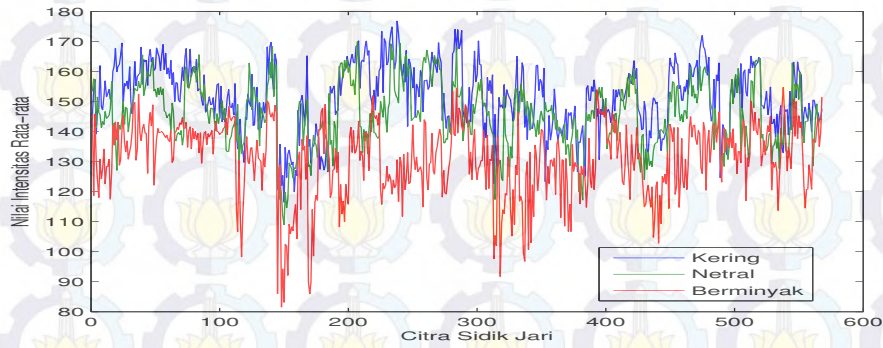


Gambar 3n.5. Grafik Fitur Skor Kejelasan *Ridge-Valley* (*CS*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 190

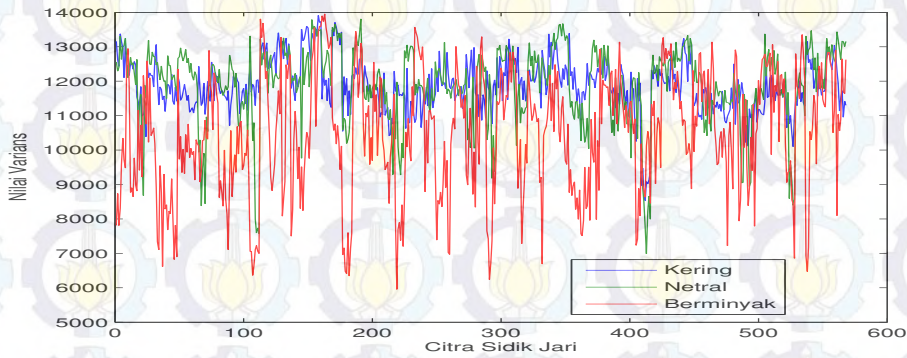


Gambar 3n.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 190

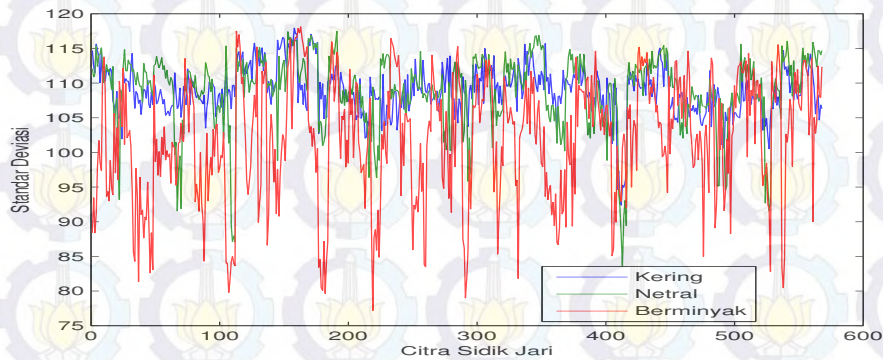
Lampiran 3o
Grafik Fitur Hasil Ekstraksi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi
dengan *Threshold* 200



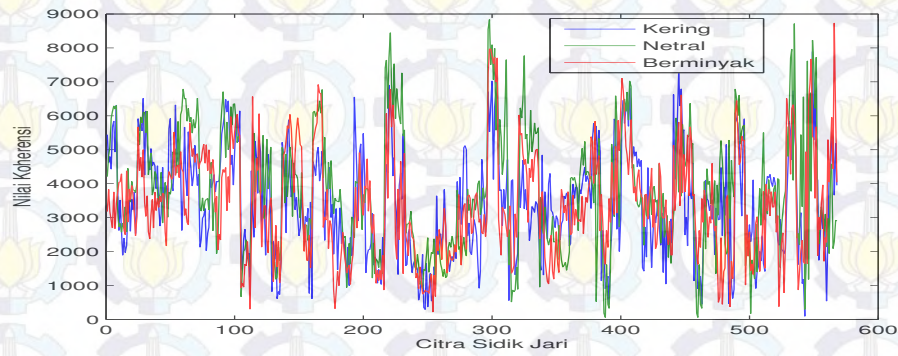
Gambar 3o.1. Grafik Fitur Nilai Intensitas Rata-rata (*RR*) Citra Sidik Jari Yang Disegmentasi dengan *Threshold* 200



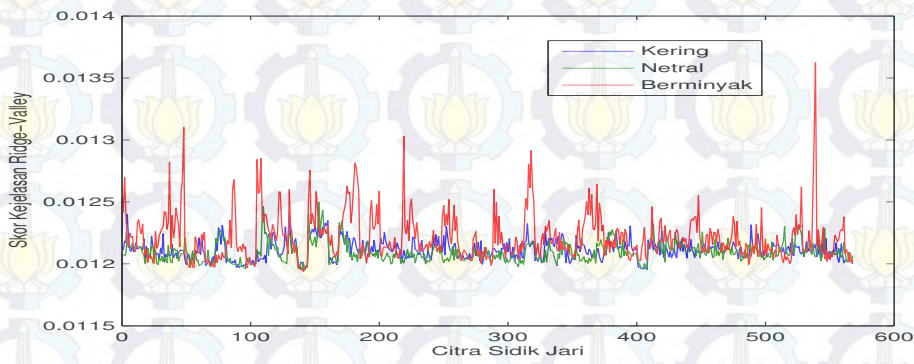
Gambar 3o.2. Grafik Fitur Nilai Varians (*VAR*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 200



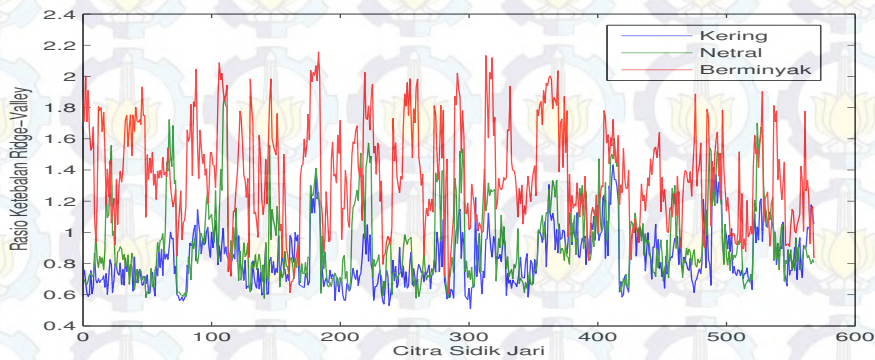
Gambar 3o.3. Grafik Fitur Standar Deviasi (*STD*) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 200



Gambar 3o.4. Grafik Fitur Nilai Koherensi (KOH) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 200



Gambar 3o.5. Grafik Fitur Skoor Kejelasan *Ridge-Valley* (CS) Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 200



Gambar 3o.6. Grafik Fitur Rasio Ketebalan *Ridge-Valley* Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* 200

Lampiran 4

Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Diekstraksi dengan *Threshold* Nilai Intensitas Rata-rata Global Citra

PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	176,186	13908,482	117,934	7880,737	0,01297	1,121
	R_{up}	163,764	12896,743	113,476	5605,374	0,01263	0,908
	Med_f	151,342	11885,004	109,018	3330,011	0,01229	0,695
	R_{bot}	133,511	10228,992	100,804	1716,720	0,01217	0,591
	Min_f	115,680	8572,981	92,590	103,430	0,01204	0,488
NETRAL	Max_f	169,440	13808,216	117,508	8794,400	0,01342	1,383
	R_{up}	157,046	12966,366	113,810	6243,801	0,01287	1,065
	Med_f	144,653	12124,515	110,111	3693,202	0,01232	0,746
	R_{bot}	126,463	9577,444	96,979	1877,475	0,01219	0,635
	Min_f	108,273	7030,372	83,847	61,748	0,01206	0,525
BERMINYAK	Max_f	153,934	13950,894	118,114	8721,339	0,01448	2,083
	R_{up}	142,579	12276,453	110,540	5983,969	0,01364	1,606
	Med_f	131,224	10602,013	102,966	3246,598	0,01280	1,129
	R_{bot}	106,341	8346,988	90,509	1755,751	0,01246	0,846
	Min_f	81,458	6091,963	78,051	264,905	0,01212	0,562

Tabel 4.2. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Nilai Intensitas Rata-rata Global Citra

Tipe Citra Sidik Jari	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	133,511 - 163,764	10228,992 - 12896,743	100,804 - 113,476	1716,720 - 5605,374	0,01217 - 0,01263	0,591 - 0,908
Netral	126,463 - 157,046	9577,444 - 12966,366	96,979 - 113,810	1877,475 - 6243,801	0,01219 - 0,01287	0,635 - 1,065
Berminyak	106,341 - 142,579	8346,988 - 12276,453	90,509 - 110,540	1755,751 - 5983,969	0,01246 - 0,01364	0,846 - 1,606

Tabel 4.3. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Nilai Intensitas Rata-rata Keabuan Global Citra

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>157,046	>12966,366	> 113,810	<1877,475	<0,01219	<0,635
Netral	126,463 - 157,046	9577,444 - 12966,366	96,979 - 113,810	1877,475 - 6243,801	0,01219 - 0,01287	0,635 - 1,065
Berminyak	<126,463	< 9577,444	< 96,979	>6243,801	>0,01287	>1,065

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Nilai Standar Deviasi Global Citra

PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	171,635	13928,218	118,018	7878,421	0,01302	0,777
	R_{up}	160,370	12991,688	113,907	5599,073	0,01266	0,627
	Med_f	149,106	12055,157	109,796	3319,725	0,01231	0,477
	R_{bot}	130,549	10442,620	101,882	1709,561	0,01218	0,377
	Min_f	111,992	8830,082	93,969	99,397	0,01204	0,276
NETRAL	Max_f	167,126	13889,164	117,852	8761,401	0,01345	0,842
	R_{up}	154,989	13071,056	114,273	6204,159	0,01289	0,694
	Med_f	142,851	12252,948	110,693	3646,918	0,01234	0,546
	R_{bot}	123,827	10317,089	101,121	1851,599	0,01221	0,418
	Min_f	104,803	8381,229	91,549	56,281	0,01207	0,290
BERMINYAK	Max_f	151,237	14044,569	118,510	8697,915	0,01486	0,884
	R_{up}	137,519	12364,304	110,937	5903,886	0,01385	0,776
	Med_f	123,801	10684,040	103,364	3109,856	0,01284	0,668
	R_{bot}	80,514	8304,423	90,168	1570,925	0,01249	0,477
	Min_f	37,228	5924,806	76,973	31,994	0,01214	0,285

Tabel 4.5. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Nilai Standar Deviasi Global Citra

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	130,549 - 160,370	10442,620 - 12991,688	101,882 - 113,907	1709,561 - 5599,073	0,01218 - 0,01266	0,377 - 0,627
Netral	123,827 - 154,989	10317,089 - 13071,056	101,121 - 114,273	1851,599 - 6204,159	0,01221 - 0,01289	0,418 - 0,694
Berminyak	80,514 - 137,519	8304,423 - 12364,304	90,168 - 110,937	1570,925 - 5903,886	0,01249 - 0,01385	0,477 - 0,776

Tabel 4.6. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Nilai Standar Deviasi Global Citra

Tipe Citra Sidik Jari	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>154,989	>13071,056	>114,273	<1851,599	<0,01221	<0,418
Netral	123,827 - 154,989	10317,089 - 13071,056	101,121 - 114,273	1851,599 - 6204,159	0,01221 - 0,01289	0,418 - 0,694
Berminyak	<123,827	<10317,089	<101,121	>6204,159	>0,01289	>0,694

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Adaptif Berdasarkan Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra

PARAMETER	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR	
KERING	Max_f	178,304	13922,731	117,995	7902,022	0,01306	1,045
	R_{up}	166,146	12821,336	113,127	5625,149	0,01264	0,856
	Med_f	153,987	11719,941	108,259	3348,276	0,01223	0,666
	R_{bot}	137,568	10111,583	100,236	1718,778	0,01213	0,570
	Min_f	121,149	8503,225	92,213	89,280	0,01202	0,473
NETRAL	Max_f	171,394	13820,978	117,563	8872,081	0,01345	1,336
	R_{up}	159,442	12892,903	113,473	6292,715	0,01284	1,027
	Med_f	147,490	11964,828	109,384	3713,349	0,01224	0,719
	R_{bot}	130,795	9464,349	96,417	1886,992	0,01213	0,616
	Min_f	114,100	6963,870	83,450	60,635	0,01203	0,513
BERMINYAK	Max_f	158,744	14059,100	118,571	8752,478	0,01470	1,490
	R_{up}	146,605	12318,519	110,710	6016,273	0,01366	1,269
	Med_f	134,467	10577,938	102,849	3280,068	0,01263	1,048
	R_{bot}	109,971	8241,841	89,849	1735,363	0,01234	0,794
	Min_f	85,476	5905,744	76,849	190,658	0,01205	0,539

Tabel 4.8. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Adaptif Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra

Tipe Citra Sidik Jari	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	137,568 - 166,146	10111,583 - 12821,336	100,236 - 113,127	1718,778 - 5625,149	0,01213 - 0,01264	0,570 - 0,856
Netral	130,795 - 159,442	9464,349 - 12892,903	96,417 - 113,473	1886,992 - 6292,715	0,01213 - 0,01284	0,616 - 1,027
Berminyak	109,971 - 146,605	8241,841 - 12318,519	89,849 - 110,710	1735,363 - 6016,273	0,01234 - 0,01366	0,794 - 1,269

Tabel 4.9. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Adaptif Nilai Intensitas Rata-rata Lokal Citra

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>159,442	>12892,903	>113,473	<1886,992	<0,01213	<0,616
Netral	130,795 - 159,442	9464,349 - 12892,903	96,417 - 113,473	1886,992 - 6292,715	0,01213 - 0,01284	0,616 - 1,027
Berminyak	<130,795	<9464,349	<96,417	>6292,715	>0,01284	>1,027

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Adaptif Berdasarkan Nilai Standar Deviasi Lokal Citra

PARAMETER	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR	
KERING	Max_f	171,402	13931,381	118,031	7873,479	0,01312	0,766
	R_{up}	159,837	13015,224	114,014	5594,862	0,01272	0,622
	Med_f	148,272	12099,066	109,996	3316,244	0,01233	0,478
	R_{bot}	129,603	10513,759	102,243	1703,862	0,01218	0,380
	Min_f	110,935	8928,452	94,490	91,480	0,01204	0,281
NETRAL	Max_f	166,292	13926,834	118,012	8769,850	0,01343	0,803
	R_{up}	154,169	13116,167	114,471	6189,881	0,01290	0,675
	Med_f	142,047	12305,500	110,930	3609,911	0,01236	0,548
	R_{bot}	119,209	10626,995	102,763	1831,413	0,01222	0,435
	Min_f	96,371	8948,490	94,596	52,915	0,01208	0,322
BERMINYAK	Max_f	150,393	14059,006	118,571	8687,727	0,01513	0,820
	R_{up}	134,623	12486,467	111,520	5867,550	0,01398	0,732
	Med_f	118,853	10913,927	104,470	3047,373	0,01283	0,643
	R_{bot}	76,525	8224,548	89,434	1641,291	0,01249	0,509
	Min_f	34,196	5535,169	74,399	235,210	0,01216	0,375

Tabel 4.11. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Adaptif Nilai Standar Deviasi Lokal Citra

Tipe Citra Sidik Jari	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	129,603 - 159,837	10513,759 - 13015,224	102,243 - 114,014	1703,862 - 5594,862	0,01218 - 0,01272	0,380 - 0,622
Netral	119,209 - 154,169	10626,995 - 13116,167	102,763 - 114,471	1831,413 - 6189,881	0,01222 - 0,01290	0,435 - 0,675
Berminyak	76,525 - 134,623	8224,548 - 12486,467	89,434 - 111,520	1641,291 - 5867,550	0,01249 - 0,01398	0,509 - 0,732

Tabel 4.12. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi dengan *Threshold* Adaptif Nilai Standar Deviasi Lokal Citra

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>154,169	>13116,167	>114,471	<1831,413	<0,01222	<0,435
Netral	119,209 - 154,169	10626,995 - 13116,167	102,763 - 114,471	1831,413 - 6189,881	0,01222 - 0,01290	0,435 - 0,675
Berminyak	<119,209	<10626,995	<102,763	>6189,881	>0,01290	>0,675

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 110

PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	172,380	13927,950	118,017	7883,118	0,01300	0,802
	R_{up}	160,867	12986,475	113,883	5600,983	0,01265	0,650
	Med_f	149,354	12045,000	109,750	3318,848	0,01231	0,498
	R_{bot}	130,756	10379,936	101,552	1709,747	0,01218	0,401
	Min_f	112,158	8714,871	93,353	100,645	0,01204	0,303
NETRAL	Max_f	167,254	13879,562	117,812	8762,480	0,01352	0,940
	R_{up}	155,169	13061,848	114,232	6207,702	0,01293	0,751
	Med_f	143,083	12244,135	110,653	3652,923	0,01234	0,561
	R_{bot}	124,033	9864,194	98,582	1854,474	0,01221	0,452
	Min_f	104,982	7484,253	86,512	56,024	0,01207	0,343
BERMINYAK	Max_f	151,426	14024,787	118,426	8702,780	0,01429	1,003
	R_{up}	139,513	12332,462	110,789	5962,380	0,01357	0,888
	Med_f	127,601	10640,137	103,151	3221,980	0,01284	0,772
	R_{bot}	102,205	8829,323	93,464	1735,050	0,01249	0,586
	Min_f	76,810	7018,508	83,777	248,120	0,01214	0,400

Tabel 4.14. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 110

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	130,756 -	10379,936 -	101,552 -	1709,747 -	0,01218 -	0,401 -
	160,867	12986,475	113,883	5600,983	0,01265	0,650
Netral	124,033 -	9864,194 -	98,582 -	1854,474 -	0,01221 -	0,452 -
	155,169	13061,848	114,232	6207,702	0,01293	0,751
Berminyak	102,205 -	8829,323 -	93,464 -	1735,050 -	0,01249 -	0,586 -
	139,513	12332,462	110,789	5962,380	0,01357	0,888

Tabel 4.15. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 110

Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>155,169	>13061,848	>114,232	<1854,474	<0,01221	<0,452
Netral	124,033 -	9864,194 -	98,582 -	1854,474 -	0,01221 -	0,452 -
	155,169	13061,848	114,232	6207,702	0,01293	0,751
Berminyak	<124,033	<9864,194	<98,582	>6207,702	>0,01293	>0,751

Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 120

PARAMETER	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>	
KERING	<i>Max_f</i>	173,369	13923,901	118,000	7882,901	0,01300	0,870
	<i>R_{up}</i>	161,461	12974,445	113,829	5601,425	0,01265	0,699
	<i>Med_f</i>	149,552	12024,990	109,659	3319,950	0,01231	0,529
	<i>R_{bot}</i>	130,937	10351,260	101,406	1709,652	0,01218	0,426
	<i>Min_f</i>	112,322	8677,529	93,153	99,354	0,01204	0,322
NETRAL	<i>Max_f</i>	167,558	13873,870	117,787	8769,055	0,01352	1,039
	<i>R_{up}</i>	155,453	13051,267	114,185	6209,029	0,01293	0,815
	<i>Med_f</i>	143,347	12228,664	110,583	3649,003	0,01234	0,591
	<i>R_{bot}</i>	124,305	9737,757	97,856	1856,395	0,01221	0,478
	<i>Min_f</i>	105,263	7246,851	85,128	63,787	0,01207	0,365
BERMINYAK	<i>Max_f</i>	151,746	14013,087	118,377	8704,159	0,01429	1,103
	<i>R_{up}</i>	140,372	12324,466	110,754	5968,113	0,01357	0,973
	<i>Med_f</i>	128,999	10635,846	103,130	3232,066	0,01284	0,843
	<i>R_{bot}</i>	104,091	8608,441	92,127	1750,397	0,01249	0,630
	<i>Min_f</i>	79,184	6581,036	81,124	268,729	0,01214	0,417

Tabel 4.17. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 120

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	130,937 -	10351,260 -	101,406 -	1709,652 -	0,01218 -	0,426 -
	161,461	12974,445	113,829	5601,425	0,01265	0,699
Netral	124,305 -	9737,757 -	97,856 -	1856,395 -	0,01221 -	0,478 -
	155,453	13051,267	114,185	6209,029	0,01293	0,815
Berminyak	104,091 -	8608,441 -	92,127 -	1750,397 -	0,01249 -	0,630 -
	140,372	12324,466	110,754	5968,113	0,01357	0,973

Tabel 4.18. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 120

Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	<i>RR</i>	<i>VAR</i>	<i>STD</i>	<i>KOH</i>	<i>CS</i>	<i>TR</i>
Kering	>155,453	>13051,267	>114,185	<1856,395	<0,01221	<0,478
Netral	124,305 -	9737,757 -	97,856 -	1856,395 -	0,01221 -	0,478 -
	155,453	13051,267	114,185	6209,029	0,01293	0,815
Berminyak	<124,305	<9737,757	<97,856	>6209,029	>0,01293	>0,815

Tabel 4.19. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 130

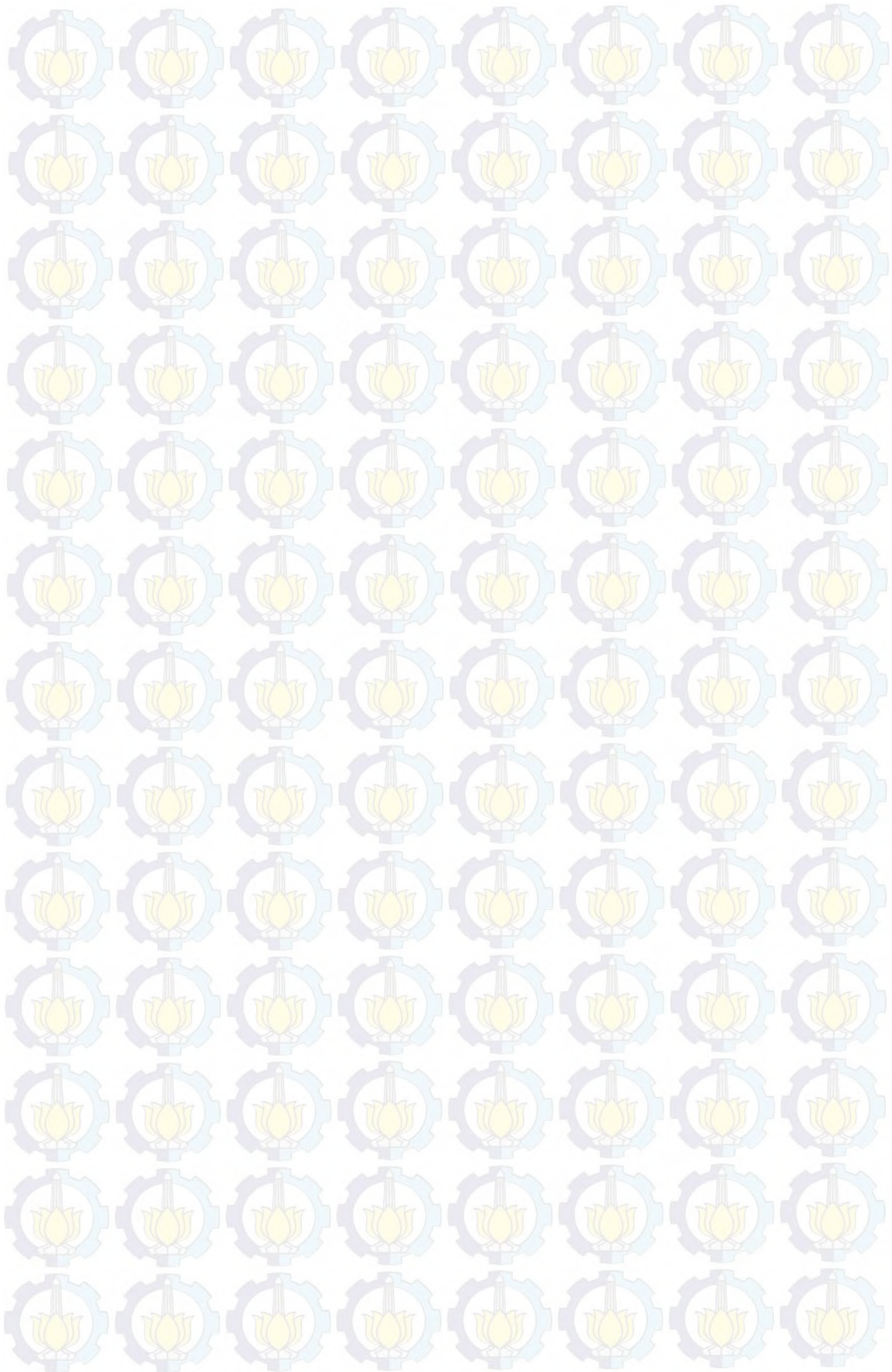
PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	174,638	13922,060	117,992	7882,606	0,01300	0,934
	R_{up}	162,244	12958,957	113,759	5605,054	0,01265	0,746
	Med_f	149,851	11995,853	109,526	3327,502	0,01231	0,558
	R_{bot}	131,399	10326,331	101,284	1715,148	0,01218	0,448
	Min_f	112,948	8656,809	93,042	102,794	0,01204	0,338
NETRAL	Max_f	167,598	13861,373	117,734	8771,472	0,01352	1,145
	R_{up}	155,619	13033,868	114,108	6215,181	0,01293	0,882
	Med_f	143,641	12206,363	110,482	3658,889	0,01234	0,619
	R_{bot}	124,585	9657,576	97,398	1860,266	0,01221	0,502
	Min_f	105,529	7108,788	84,314	61,644	0,01207	0,385
BERMINYAK	Max_f	151,806	14003,480	118,336	8710,346	0,01429	1,197
	R_{up}	140,694	12311,557	110,694	5971,889	0,01357	1,060
	Med_f	129,582	10619,634	103,052	3233,432	0,01284	0,923
	R_{bot}	104,627	8470,913	91,282	1739,573	0,01249	0,680
	Min_f	79,673	6322,193	79,512	245,714	0,01214	0,436

Tabel 4.20. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 130

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	131,399 -	10326,331 -	101,284 -	1715,148 -	0,01218 -	0,448 -
	162,244	12958,957	113,759	5605,054	0,01265	0,746
Netral	124,585 -	9657,576 -	97,398 -	1860,266 -	0,01221 -	0,502 -
	155,619	13033,868	114,108	6215,181	0,01293	0,882
Berminyak	104,627 -	8470,913 -	91,282 -	1739,573 -	0,01249 -	0,680 -
	140,694	12311,557	110,694	5971,889	0,01357	1,060

Tabel 4.21. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 130

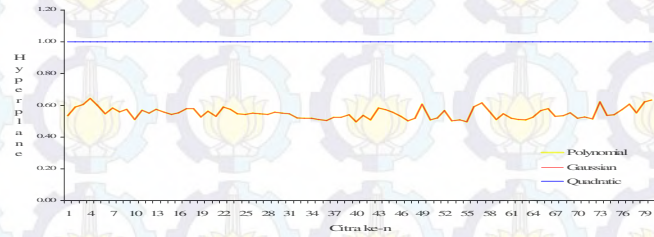
Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>155,619	>13033,868	>114,108	<1860,266	<0,01221	<0,502
Netral	124,585 -	9657,576 -	97,398 -	1860,266 -	0,01221 -	0,502 -
	155,619	13033,868	114,108	6215,181	0,01293	0,882
Berminyak	<124,585	<9657,576	<97,398	>6215,181	>0,01293	>0,882



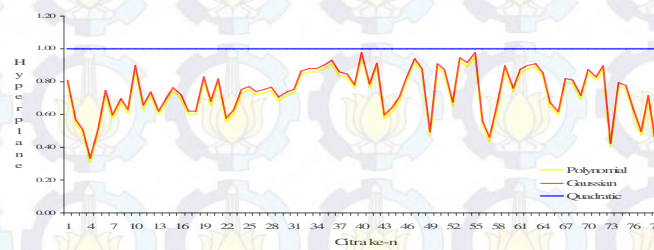
Lampiran 4 -8

Lampiran 5

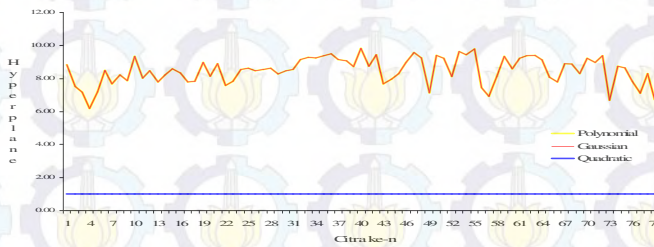
Grafik Fitur Hasil Uji *Hyperplane* dan Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM



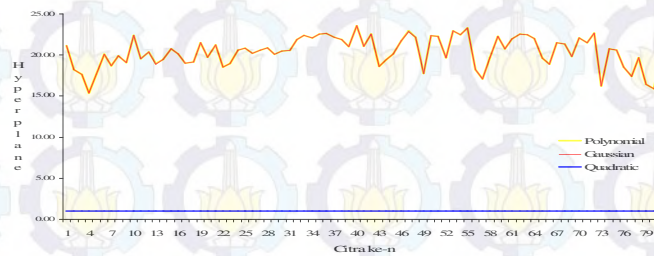
(a) *c1*



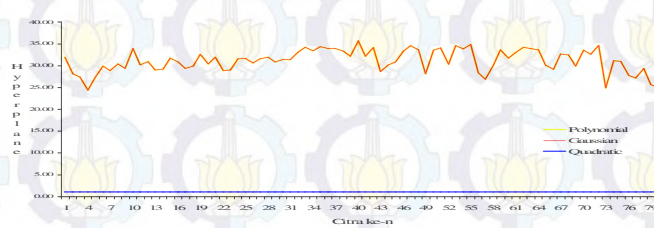
(b) *c2*



(c) *c3*

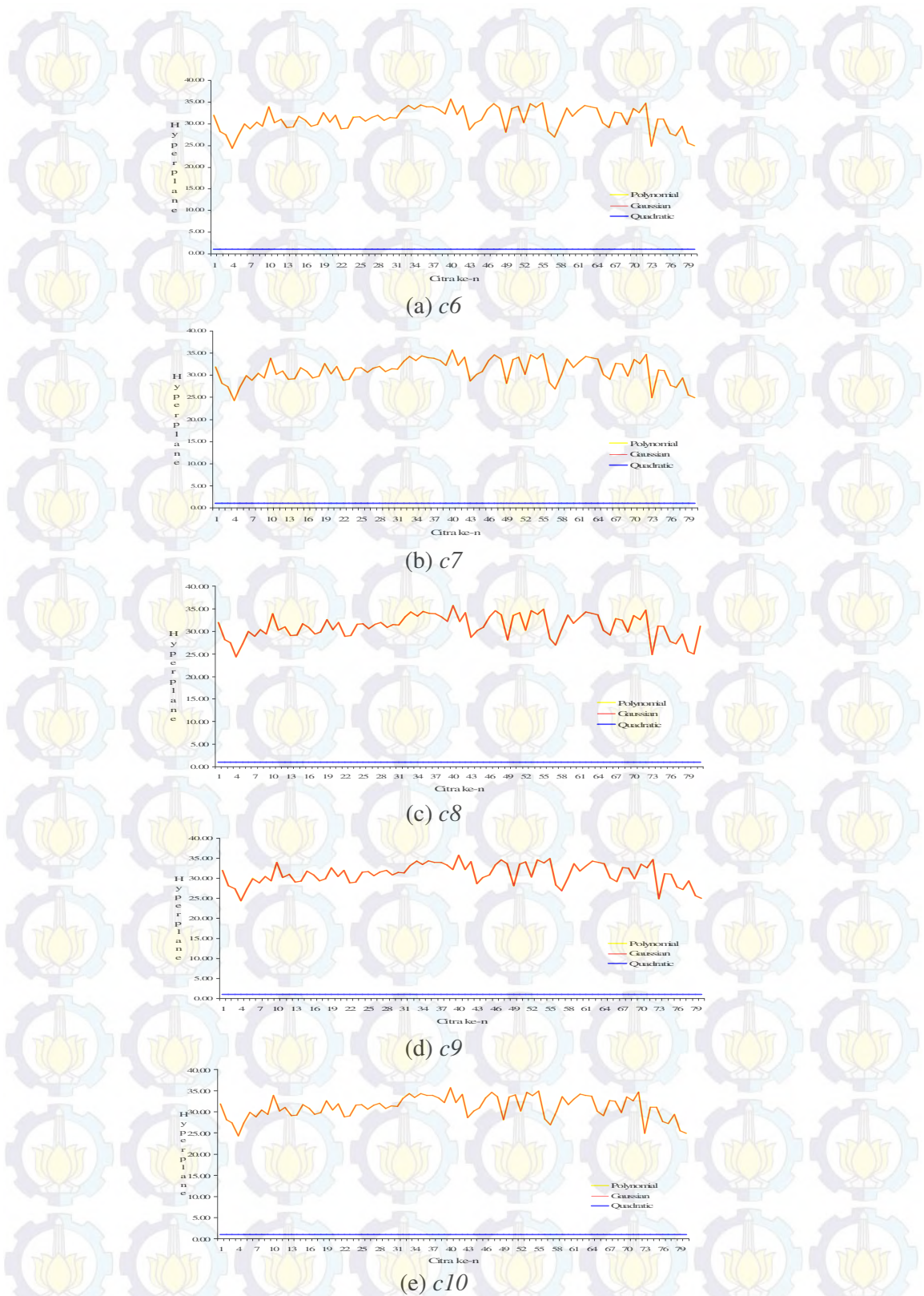


(d) *c4*

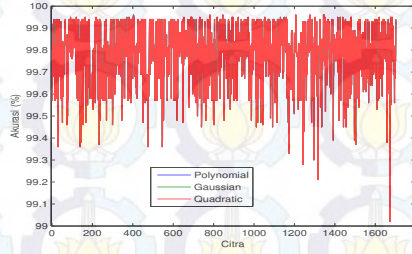


(e) *c5*

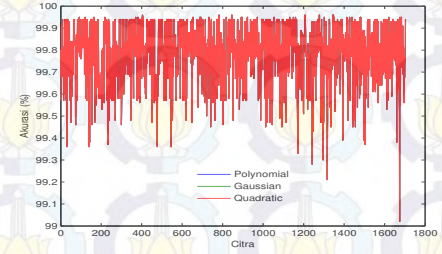
Gambar 5.1. Grafik Hasil Uji *Hyperplane* SVM dengan *c1* s.d *c5*



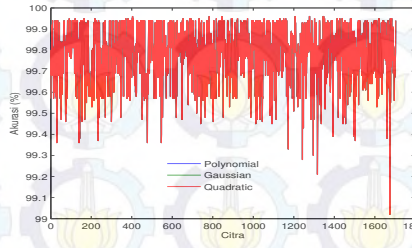
Gambar 5.2. Grafik Hasil Uji *Hyperplane SVM* dengan *c6* s.d *c10*



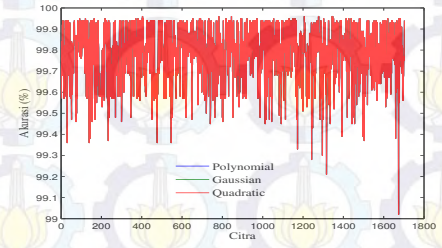
(a) *c1*



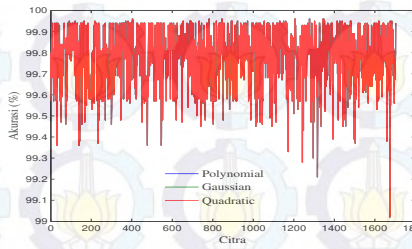
(b) *c2*



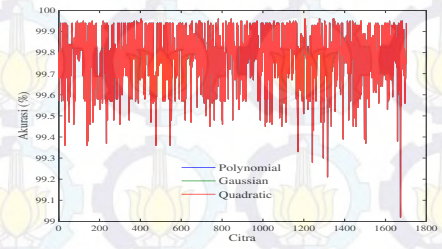
(c) *c3*



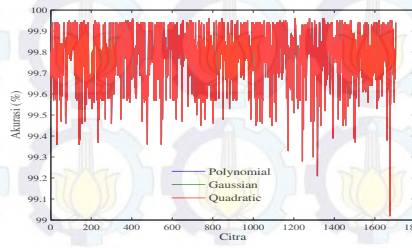
(d) *c4*



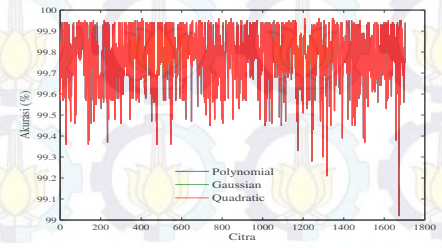
(e) *c5*



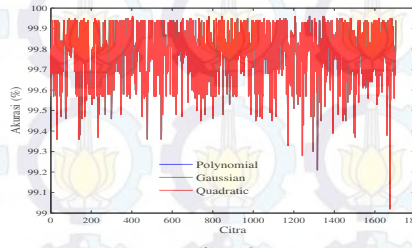
(f) *c6*



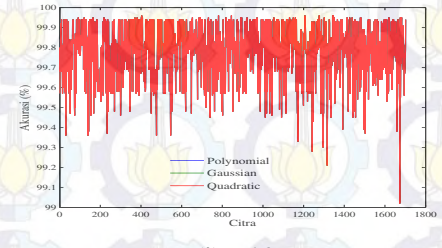
(g) *c7*



(h) *c8*

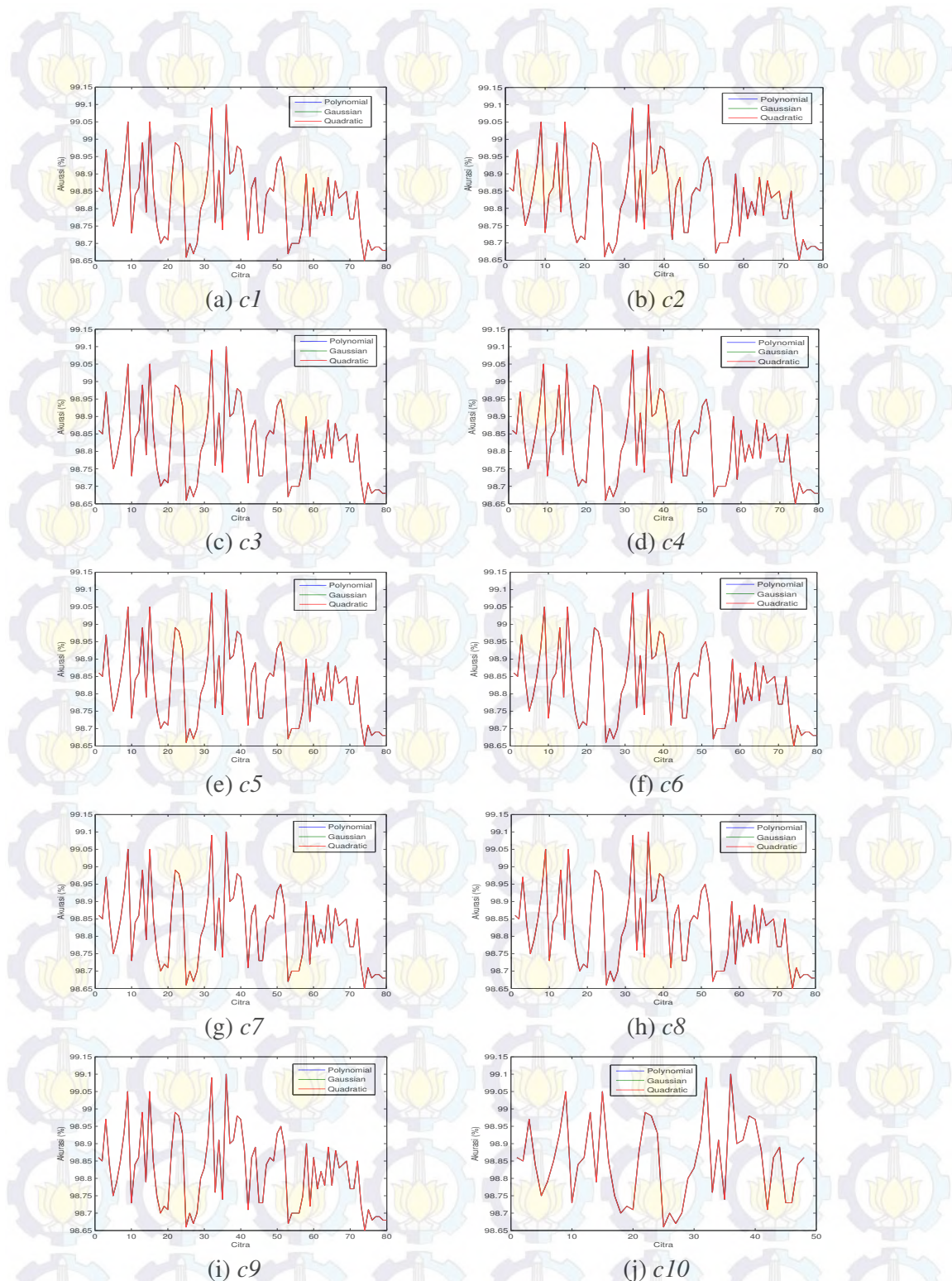


(i) *c9*

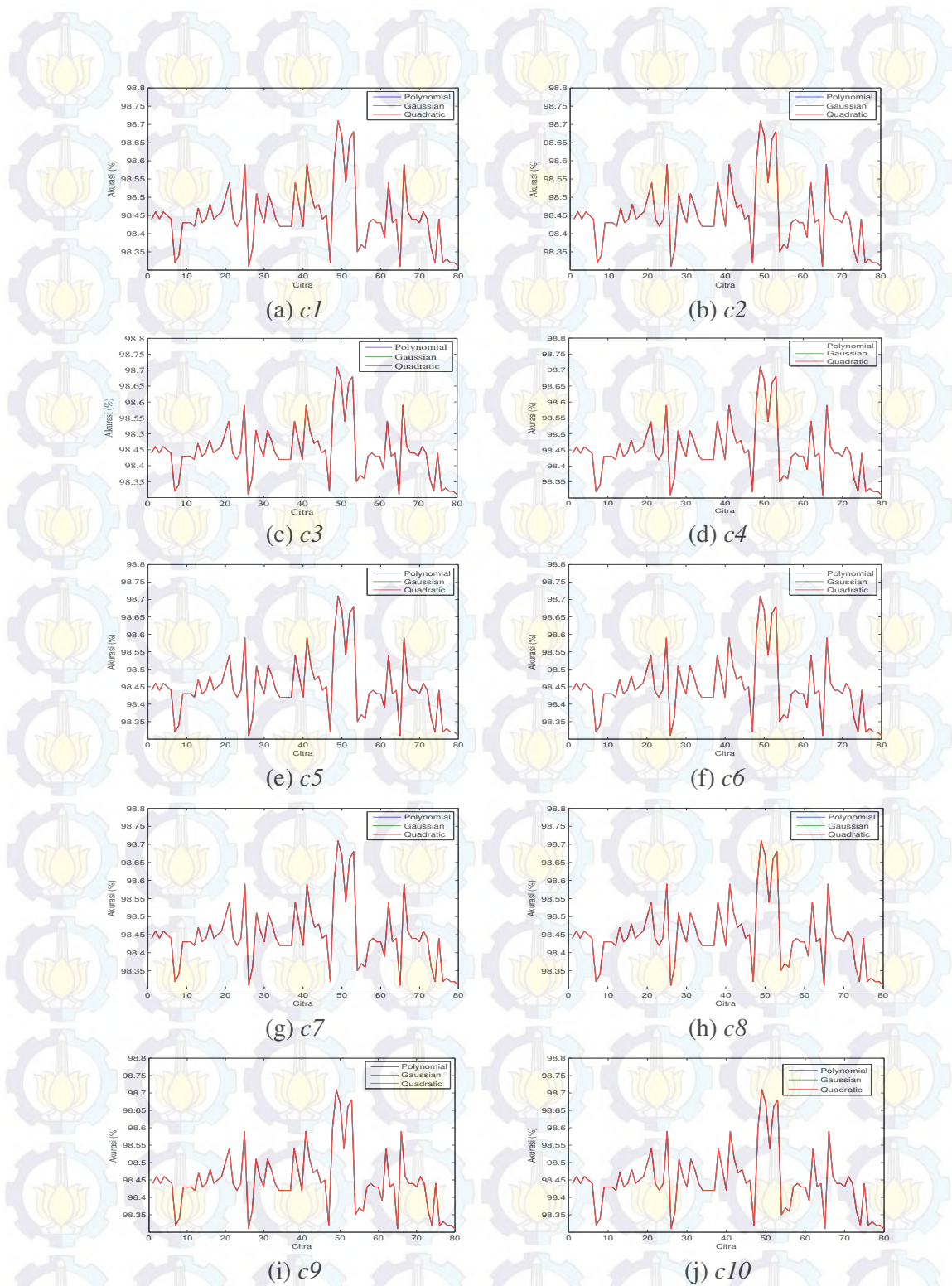


(j) *c10*

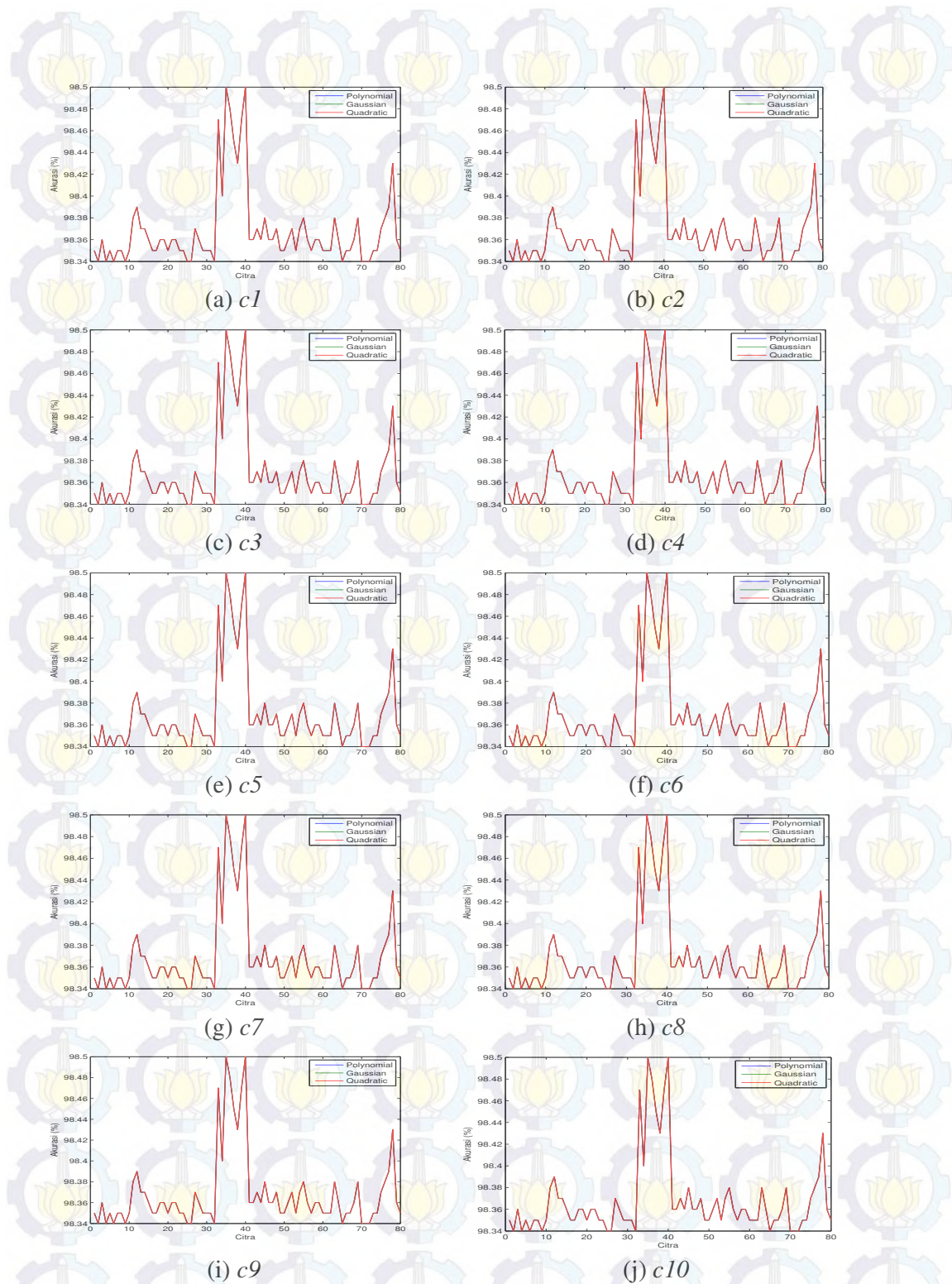
Gambar 5.3. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB_ITS_2009



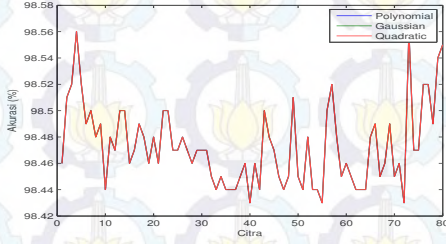
Gambar 5.4. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB1_B FVC_2000



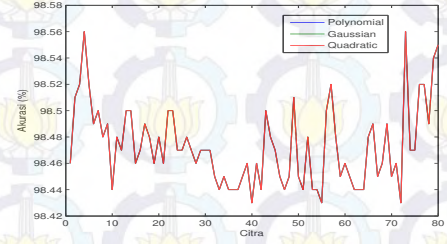
Gambar 5.5. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB2_B FVC_2000



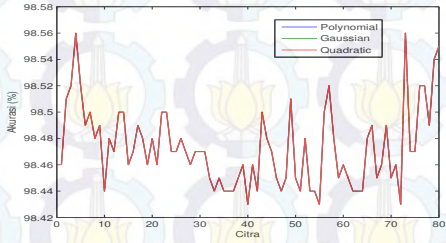
Gambar 5.6. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB3_B FVC_2000



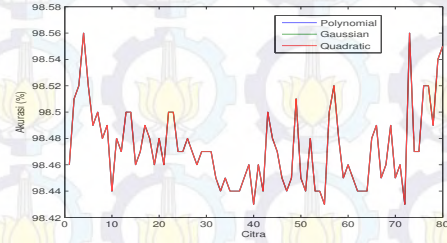
(a) *c1*



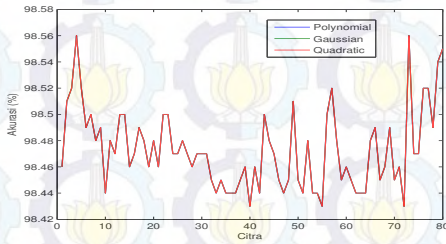
(b) *c2*



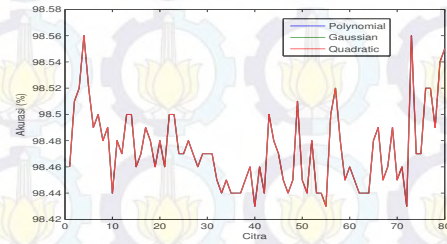
(c) *c3*



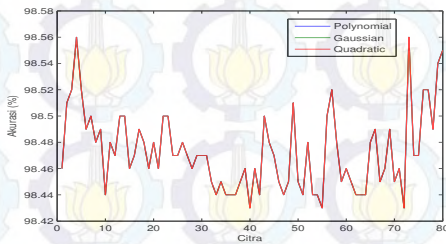
(d) *c4*



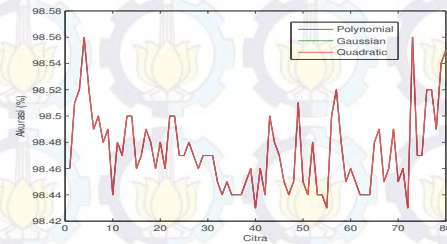
(e) *c5*



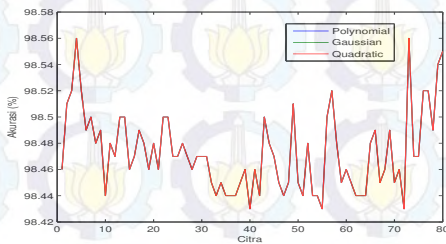
(f) *c6*



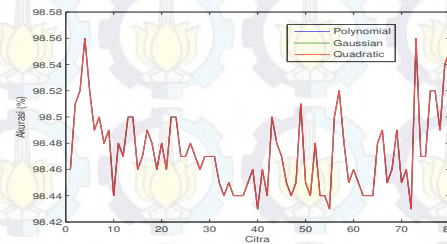
(g) *c7*



(h) *c8*



(i) *c9*



(j) *c10*

Gambar 5.7. Grafik Akurasi Klasifikasi Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari Menggunakan Metode SVM pada Database DB4_B FVC_2000



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 140

PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	174,952	13921,230	117,988	7883,229	0,01300	0,993
	R_{up}	162,603	12947,458	113,706	5602,401	0,01265	0,789
	Med_f	150,255	11973,686	109,424	3321,574	0,01231	0,585
	R_{bot}	131,650	10306,826	101,188	1718,150	0,01218	0,469
	Min_f	113,044	8639,967	92,951	114,727	0,01204	0,353
NETRAL	Max_f	167,602	13851,671	117,693	8767,359	0,01352	1,243
	R_{up}	155,784	13017,033	114,034	6209,437	0,01293	0,947
	Med_f	143,966	12182,396	110,374	3651,515	0,01234	0,652
	R_{bot}	124,946	9632,234	97,264	1857,064	0,01221	0,529
	Min_f	105,927	7082,071	84,155	62,613	0,01207	0,406
BERMINYAK	Max_f	152,285	13995,686	118,303	8724,632	0,01429	1,341
	R_{up}	141,216	12298,554	110,633	5983,113	0,01357	1,167
	Med_f	130,146	10601,423	102,963	3241,594	0,01284	0,993
	R_{bot}	104,998	8445,441	91,135	1751,679	0,01249	0,724
	Min_f	79,850	6289,460	79,306	261,764	0,01214	0,456

Tabel 4.2. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 140

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	131,650 -	10306,826 -	101,188 -	1718,150 -	0,01218 -	0,469 -
	162,603	12947,458	113,706	5602,401	0,01265	0,789
Netral	124,946-	9632,234 -	97,264 -	1857,064 -	0,01221 -	0,529-
	155,784	13017,033	114,034	6209,437	0,01293	0,947
Berminyak	104,998 -	8445,441 -	91,135 -	1751,679 -	0,01249 -	0,724 -
	141,216	12298,554	110,633	5983,113	0,01357	1,167

Tabel 4.3. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 140

Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>155,784	>13017,033	>114,034	<1857,064	<0,01221	<0,529
Netral	124,946-	9632,234 -	97,264 -	1857,064 -	0,01221 -	0,529 -
	155,784	13017,033	114,034	6209,437	0,01293	0,947
Berminyak	<124,946	<9632,234	<97,264	>6209,437	>0,01293	>0,947

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 150

PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	175,363	13918,803	117,978	7882,904	0,01300	1,058
	R_{up}	162,935	12939,811	113,672	5603,091	0,01265	0,837
	Med_f	150,508	11960,818	109,366	3323,278	0,01231	0,616
	R_{bot}	131,901	10283,452	101,067	1717,798	0,01218	0,495
	Min_f	113,295	8606,085	92,769	112,318	0,01204	0,374
NETRAL	Max_f	168,176	13844,447	117,662	8781,935	0,01352	1,359
	R_{up}	156,166	13007,962	113,993	6222,611	0,01293	1,020
	Med_f	144,155	12171,477	110,324	3663,286	0,01234	0,682
	R_{bot}	125,259	9612,340	97,154	1862,517	0,01221	0,555
	Min_f	106,363	7053,203	83,983	61,748	0,01207	0,427
BERMINYAK	Max_f	152,477	13979,590	118,235	8728,204	0,01429	1,508
	R_{up}	141,520	12287,385	110,584	5985,394	0,01357	1,283
	Med_f	130,563	10595,180	102,933	3242,584	0,01284	1,059
	R_{bot}	105,302	8405,800	90,889	1756,050	0,01249	0,767
	Min_f	80,040	6216,420	78,844	269,515	0,01214	0,475

Tabel 4.5. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 150

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	131,901 -	10283,452 -	101,067 -	1717,798 -	0,01218 -	0,495 -
	162,935	12939,811	113,672	5603,091	0,01265	0,837
Netral	125,259 -	9612,340 -	97,154 -	1862,517 -	0,01221 -	0,555 -
	156,166	13007,962	113,993	6222,611	0,01293	1,020
Berminyak	105,302 -	8405,800 -	90,889 -	1756,050 -	0,01249 -	0,767 -
	141,520	12287,385	110,584	5985,394	0,01357	1,283

Tabel 4.6. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 150

Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>156,166	>13007,962	>113,993	<1862,517	<0,01221	<0,555
Netral	125,259 -	9612,340 -	97,154 -	1862,517 -	0,01221 -	0,555 -
	156,166	13007,962	113,993	6222,611	0,01293	1,020
Berminyak	<125,259	<9612,340	<97,154	>6222,611	>0,01293	>1,020

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 160

PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	175,409	13917,570	117,973	7887,940	0,01300	1,130
	R_{up}	163,155	12924,158	113,600	5607,231	0,01265	0,889
	Med_f	150,902	11930,746	109,228	3326,522	0,01231	0,649
	R_{bot}	132,519	10252,889	100,915	1716,024	0,01218	0,522
	Min_f	114,136	8575,032	92,601	105,527	0,01204	0,396
NETRAL	Max_f	168,953	13840,026	117,644	8790,892	0,01352	1,458
	R_{up}	156,598	12994,183	113,932	6234,588	0,01293	1,087
	Med_f	144,242	12148,341	110,220	3678,284	0,01234	0,715
	R_{bot}	125,526	9594,499	97,064	1870,016	0,01221	0,584
	Min_f	106,809	7040,656	83,909	61,748	0,01207	0,453
BERMINYAK	Max_f	152,557	13953,519	118,125	8723,246	0,01429	1,663
	R_{up}	141,748	12271,052	110,513	5983,086	0,01357	1,393
	Med_f	130,939	10588,586	102,901	3242,926	0,01284	1,122
	R_{bot}	105,632	8340,274	90,476	1753,641	0,01249	0,808
	Min_f	80,325	6091,963	78,051	264,355	0,01214	0,494

Tabel 4.8. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 160

Tipe Citra Sidik Jari	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	132,519 -	10252,889 -	100,915 -	1716,024 -	0,01218 -	0,522 -
	163,155	12924,158	113,600	5607,231	0,01265	0,889
Netral	125,526 -	9594,499 -	97,064 -	1870,016 -	0,01221 -	0,584 -
	156,598	12994,183	113,932	6234,588	0,01293	1,087
Berminyak	105,632 -	8340,274 -	90,476 -	1753,641 -	0,01249 -	0,808 -
	141,748	12271,052	102,901	5983,086	0,01357	1,393

Tabel 4.9. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 160

Jenis Distorsi Akuisisi	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>156,598	>12994,183	>113,932	<1870,016	<0,01221	<0,584
	125,526	9594,499 -	97,064 -	1870,016 -	0,01221 -	0,584 -
Netral	-	12994,183	113,932	6234,588	0,01293	1,087
	156,598					
Berminyak	<125,526	<9594,499	<97,064	>6234,588	>0,01293	>1,087

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 170

PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	175,760	13916,079	117,966	7880,737	0,01300	1,200
	R_{up}	163,506	12912,251	113,546	5601,343	0,01265	0,941
	Med_f	151,252	11908,423	109,126	3321,948	0,01231	0,682
	R_{bot}	132,974	10238,941	100,849	1715,970	0,01218	0,550
	Min_f	114,697	8569,460	92,571	109,992	0,01204	0,418
NETRAL	Max_f	169,358	13833,269	117,615	8794,400	0,01352	1,565
	R_{up}	156,998	12983,788	113,885	6237,164	0,01293	1,157
	Med_f	144,638	12134,308	110,156	3679,928	0,01234	0,749
	R_{bot}	125,932	9580,781	96,992	1870,731	0,01221	0,614
	Min_f	107,226	7027,255	83,829	61,534	0,01207	0,478
BERMINYAK	Max_f	153,134	13943,378	118,082	8723,896	0,01429	1,789
	R_{up}	142,232	12264,074	110,482	5986,641	0,01357	1,486
	Med_f	131,329	10584,769	102,882	3249,386	0,01284	1,183
	R_{bot}	105,925	8311,672	90,295	1764,342	0,01249	0,850
	Min_f	80,520	6038,574	77,708	279,297	0,01214	0,517

Tabel 4.11. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 170

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	132,974 -	10238,941 -	100,849 -	1715,970 -	0,01218 -	0,550 -
	163,506	12912,251	113,546	5601,343	0,01265	0,941
Netral	125,932 -	9580,781 -	96,992 -	1870,731 -	0,01221 -	0,614 -
	156,998	12983,788	113,885	6237,164	0,01293	1,157
Berminyak	105,925 -	8311,672 -	90,295 -	1764,342 -	0,01249 -	0,850 -
	142,232	12264,074	110,482	5986,641	0,01357	1,486

Tabel 4.12. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 170

Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>156,998	>12983,788	>113,885	<1870,731	<0,01221	<0,614
Netral	125,932 -	9580,781 -	96,992 -	1870,731 -	0,01221 -	0,614 -
	156,998	12983,788	113,885	6237,164	0,01293	1,157
Berminyak	<125,932	<9580,781	<96,992	>6237,164	>0,01293	>1,157

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 180

PARAMETER		RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
KERING	Max_f	176,105	13911,811	117,948	7884,439	0,01300	1,269
	R_{up}	163,850	12898,030	113,482	5604,811	0,01265	0,993
	Med_f	151,596	11884,250	109,015	3325,182	0,01231	0,717
	R_{bot}	133,291	10223,321	100,774	1717,106	0,01218	0,579
	Min_f	114,986	8562,393	92,533	109,029	0,01204	0,442
NETRAL	Max_f	169,440	13824,045	117,576	8811,431	0,01352	1,670
	R_{up}	157,151	12970,169	113,825	6247,128	0,01293	1,227
	Med_f	144,862	12116,294	110,074	3682,825	0,01234	0,785
	R_{bot}	126,330	9568,341	96,931	1868,448	0,01221	0,646
	Min_f	107,799	7020,389	83,788	54,070	0,01207	0,508
BERMINYAK	Max_f	154,495	13934,537	118,045	8732,866	0,01429	1,907
	R_{up}	143,073	12255,416	110,443	5988,366	0,01357	1,573
	Med_f	131,652	10576,295	102,841	3243,866	0,01284	1,239
	R_{bot}	106,273	8293,267	90,183	1760,634	0,01249	0,892
	Min_f	80,894	6010,239	77,526	277,402	0,01214	0,546

Tabel 4.14. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 180

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	133,291 -	10223,321 -	100,774 -	1717,106 -	0,01218 -	0,579 -
	163,850	12898,030	113,482	5604,811	0,01265	0,993
Netral	126,330 -	9568,341 -	96,931 -	1868,448 -	0,01221 -	0,646 -
	157,151	12970,169	113,825	6247,128	0,01293	1,227
Berminyak	106,273 -	8293,267 -	90,183 -	1760,634 -	0,01249 -	0,892 -
	143,073	12255,416	110,443	5988,366	0,01357	1,573

Tabel 4.15. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 180

Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>157,151	>12970,169	>113,825	<1868,448	<0,01221	<0,646
	126,330 -	9568,341 -	96,931 -	1868,448 -	0,01221 -	0,646 -
Netral	157,151	12970,169	113,825	6247,128	0,01293	1,227
	<126,330	<9568,341	<96,931	>6247,128	>0,01293	>1,227

Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 190

PARAMETER	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR	
KERING	Max_f	176,228	13909,517	117,939	7893,289	0,01300	1,339
	R_{up}	164,056	12883,613	113,416	5607,511	0,01265	1,047
	Med_f	151,884	11857,709	108,893	3321,734	0,01231	0,756
	R_{bot}	133,719	10195,972	100,637	1711,721	0,01218	0,615
	Min_f	115,554	8534,235	92,381	101,709	0,01204	0,473
NETRAL	Max_f	169,757	13814,799	117,536	8822,642	0,01352	1,770
	R_{up}	157,457	12959,648	113,778	6255,546	0,01293	1,296
	Med_f	145,157	12104,498	110,020	3688,450	0,01234	0,822
	R_{bot}	126,844	9559,550	96,887	1871,260	0,01221	0,681
	Min_f	108,532	7014,602	83,753	54,070	0,01207	0,541
BERMINYAK	Max_f	154,624	13936,723	118,054	8721,536	0,01429	2,016
	R_{up}	143,307	12254,282	110,437	5979,825	0,01357	1,656
	Med_f	131,991	10571,841	102,819	3238,113	0,01284	1,296
	R_{bot}	106,677	8277,956	90,088	1752,012	0,01249	0,934
	Min_f	81,363	5984,070	77,357	265,910	0,01214	0,572

Tabel 4.17. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 190

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	133,719 -	10195,972 -	100,637 -	1711,721 -	0,01218 -	0,615
	164,056	12883,613	113,416	5607,511	0,01265	-1,047
Netral	126,844 -	9559,550 -	96,887 -	1871,260 -	0,01221 -	0,681
	157,457	12959,648	113,778	6255,546	0,01293	-1,296
Berminyak	106,677 -	8277,956 -	90,088 -	1752,012 -	0,01249 -	0,934
	143,307	12254,282	110,437	5979,825	0,01357	-1,656

Tabel 4.18. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 190

Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>157,457	>12959,648	>113,778	<1871,260	<0,01221	<0,681
Netral	126,844 -	9559,550 -	96,887 -	1871,260 -	0,01221 -	0,681 -
	157,457	12959,648	113,778	6255,546	0,01293	1,296
Berminyak	<126,844	<9559,550	<96,887	>6255,546	>0,01293	>1,296

Tabel 4.19. Hasil Perhitungan Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 200

PARAMETER	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR	
KERING	Max_f	176,766	13907,610	117,931	7892,546	0,01300	1,433
	R_{up}	164,454	12866,465	113,337	5611,621	0,01265	1,114
	Med_f	152,141	11825,321	108,744	3330,696	0,01231	0,796
	R_{bot}	134,309	10178,983	100,558	1713,378	0,01218	0,653
	Min_f	116,476	8532,644	92,372	96,060	0,01204	0,510
NETRAL	Max_f	169,903	13805,190	117,495	8832,199	0,01352	1,870
	R_{up}	157,734	12943,859	113,708	6258,141	0,01293	1,365
	Med_f	145,564	12082,528	109,921	3684,083	0,01234	0,860
	R_{bot}	127,266	9536,840	96,767	1872,299	0,01221	0,719
	Min_f	108,969	6991,152	83,613	60,515	0,01207	0,577
BERMINYAK	Max_f	154,703	13952,719	118,122	8729,962	0,01429	2,157
	R_{up}	143,511	12263,444	110,476	5981,970	0,01357	1,754
	Med_f	132,320	10574,170	102,831	3233,977	0,01284	1,351
	R_{bot}	106,949	8264,804	90,001	1727,712	0,01249	0,978
	Min_f	81,578	5955,437	77,171	221,447	0,01214	0,606

Tabel 4.20. Interpretasi Rentang Nilai Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 200

Tipe Citra Sidik Jari	Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	134,309 -	10178,983 -	100,558 -	1713,378 -	0,01218 -	0,653 -
	164,454	12866,465	113,337	5611,621	0,01265	1,114
Netral	127,266 -	9536,840 -	96,767 -	1872,299 -	0,01221 -	0,719 -
	157,734	12943,859	113,708	6258,141	0,01293	1,365
Berminyak	106,949 -	8264,804 -	90,001 -	1727,712 -	0,01249 -	0,978 -
	143,511	12263,444	110,476	5981,970	0,01357	1,754

Tabel 4.21. Hasil Penentuan Nilai Standar Parameter Distorsi Akuisisi Citra Sidik Jari yang Disegmentasi Menggunakan *Threshold* 200

Jenis Distorsi Akuisisi	Rentang Nilai Parameter Distorsi					
	RR	VAR	STD	KOH	CS	TR
Kering	>157,734	>12943,859	>113,708	<1872,299	<0,01221	<0,719
Netral	127,266 -	9536,840 -	96,767 -	1872,299 -	0,01221 -	0,719 -
	157,734	12943,859	113,708	6258,141	0,01293	1,365
Berminyak	<127,266	<9536,840	<96,767	>6258,141	>0,01293	>1,365

DAFTAR PUSTAKA

- Bazen, A.M., dan Gerez, S.H., (2000), "Directional field computation for fingerprints based on the principal component analysis of local gradients," *Proceedings of ProRISC2000, 11th Annual Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing*, Veldhoven, The Netherlands.
- Bazen, A.M., dan Gerez, S.H., (2001), "Segmentation of fingerprint images", *Proceedings of ProRISC2001 Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing*, The Netherlands, Veldhoven.
- Bazen, A.M., dan Gerez, S.H., (2002), "Systematic methods for the computation of the directional field and singular points of fingerprints," *IEEE Trans. PAMI*.
- Bhuyan dan Bhattacharyya, (2009), "An Effective Fingerprint Classification and Search Method", *International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL. 9 No.11, hal. 39-48.
- Bhuyan, M.H., Saharia, S., dan Bhattacharyya, D.K., (2010), "An Effective Method for Fingerprint Classification", *International Arab Journal of e-Technology*, Vol. 1, No. 3, hal. 89-97.
- Bolle, R., Pankanti, S., Yao, Y.S., (1999), "System and Method for Determining the Quality of Fingerprint Images", US Patent Number US 596356.
- Byun, H., dan Lee S.W., (2003), "A Survey on Pattern Recognition Applications of Support Vector Machines", *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 17, No. 3, hal. 459-486.
- Chen, T.P., Jiang, X., Yau, W.Y., (2004), "Fingerprint Image Quality Analysis", *IEEE*, Vol. 3 No. 4, hal. 1253-1256.
- Chen, Y., Dass, S., Jain, A.K., (2005), "Fingerprint Quality Indices for Predicting Authentication Performance", *AVBPA*, hal. 160-170.
- Christianini, Nello dan Taylor, J.S., (2000), "An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods". Cambridge University Press.
- Darujati, C., Syam, R., Hariadi, M., (2010a), "Deteksi Distorsi Citra Sidik Jari Terotasi Menggunakan Phase Only Correlation", *Proceedings: The 11th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA)*, ITS, Surabaya.

Darujati, C., (2010b), “Deteksi Distorsi Citra Sidik Jari Terotasi Menggunakan Metode *Phase Only Correlation*”, *Tesis Magister Teknik*, PPs Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

El-Emary, M., dan Ramakrishnan, S., (2010), “A Critical Review of Statistical Modeling of Digital Images”, *IAENG International Journal of Computer Science*, Vol. 37, Issue 1.

Fawcett, T., (2006), “An Introduction to ROC Analysis”, *Pattern Recognition Letters* 27, hal. 861–874.

Gonzales, R., dan Woods, R.E., (2002), “*Digital Image Processing*”, Prentice Hall, International Edition, Second Edition.

Hand, D.J., dan Till, R.J., (2001), “A Simple Generalisation of the Area Under the ROC Curve for Multiple Class Classification Problems”, *Machine Learning*, Vol. 45, No. 2, hal. 171-186.

Hong, L., Yau, W., Jain, A.K., (1998), “Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation”, *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, No. 8, hal. 777–789.

Hsu dan Lin, C.J., (2002), “A Comparison of Methods for Multi-Class Support Vector Machines”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 13, No. 4, hal. 415–425.

IBM Computer Science Research Report RC 21622.

Jain, A.K., Ross, A., Prabakar, S., (2004), “An Introduction to Biometric Recognition”, *IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 14, No. 1, Hal. 4-20.

Jain, L.C., Halici, U., Hayashi, I., Lee, S.B., Tsutsui, S., (1999), “Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition”, CRC Press.

Jain, A.K., Hong, L., and Pankanti, S., (2000), “Biometric Identification”, *Community ACM*, hal. 91-98.

Khalil, M.S., Mohamad, D., Khan, M.K., Al-Nuzaili, Q., (2009), “Fingerprint Verification using Statistical Descriptors”, *Digital Signal Process*, Elsevier.

Klein, S., Asker Bazen, Raymond V., (2001), “Fingerprint Image Segmentation Based on Hidden Markov Models”, *Image Sciences Institute*.

Lee, H.C. dan Gaensslen, R.E., (2001), *Advances in Fingerprint Technology*, CRC Press.

Lim, E., Jiang, X., Yau, W., (2002), "Fingerprint quality and validity analysis", *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Vol. 1, hal. 22–25.

Lim, E., Toh, K., Suganthan, P.N., Jiang, X., Yau, W., (2004), "Fingerprint Image Quality Analysis", *IEEE*, Vol. 3 Vol.4 , hal. 1241-1244.

Maltoni, D., Maio, D., Jain, A. K., Prabhakar, S., (2009), "Handbook of Fingerprint Recognition", *London Limited: Springer-Verlag*.

Motwakel, A.W., Syam, R., Hariadi, M., (2010a), "Enhancement the Dry Fingerprint Images", *Prosiding: Seminar Nasional Sains, Program Studi Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (UNESA)*, Surabaya.

Motwakel, A.W., (2010b), "Restoration of the Dry Fingerprint Image", *Tesis Master Program Major on Intelligent Network Multimedia, Electrical Engineering Department, Faculty of Industry Technology, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.

Nasir, M., Syam, R., Hariadi, M., (2010a), "Enhancement Citra Sidik Jari Kotor dengan Menggunakan Hybrid Method dan Gabor Filter", *Proceedings: The 11th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA)*, ITS, Surabaya.

Nasir, M., Syam, R., Hariadi, M., (2010b), "Enhancement Citra Sidik Jari Kotor dengan Teknik Gabor Filter", *Prosiding: Seminar Nasional Matematika, Departemen Matematika FMIPA Universitas Indonesia, Depok*.

Nasir, M., (2010c), "Enhancement Citra Sidik Jari Kotor Menggunakan Teknik Hybrid Morphology dan Gabor Filter", *Tesis Magister Teknik, PPs Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.

Nugroho, A.S., Witarto, A.B., Handoko, D., (2003), Support Vector Machine Teori dan Aplikasinya dalam Biometrika, <http://ilmukomputer.com>.

Ping, Y., dan Li, H., (2010), "Fingerprint Image Segmentation Based on Rectangular Block", *IEEE*, 978-1-4244-6789-1/10, hal. 863-866.

Ramli, D. A., Samad, S. A., Hussain, A., (2009), "A Multibiometric Speaker Authentication System with SVM Audio Reliability Indicator", *IAENG International Journal of Computer Science*, Vol. 36, Issue 4.

Rao, G.S., NagaRaju, C., Reddy, L.S.S., Prasad, E.V., (2008), "A Novel Fingerprints Identification System Based on the Edge Detection", *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol. 8, No. 12, hal. 394-397.

Ratha, N.K. dan Bolle, R.M., (1999), "Fingerprint Image Quality Estimation", *IBM Computer Science Research Report RC 21622*.

Ratha, N.K., Karu, K., Chen, S., Jain, A.K., (1996), "A Real-time Matching System for Large Fingerprint Databases", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 18, No. 8, hal. 799–813.

Schölkopf dan Bernhard, (2001), "Estimating the Support of High-Dimensional Distribution", *Neural Computation, MIT*, Vol. 13, hal, 1443-1471.

Shen, L. L., Kot, A., Koo, W. M., (2001), "Quality Measures of Fingerprint Images". *The 3rd International Conference Audio and Video-based Biometric Person Authentication (AVBPA)*, hal. 266–271.

Supriyono, Y., Syam, R., Hariadi, M., (2010a), "Deteksi Kesalahan Pengambilan Citra Sidik Jari Menggunakan LVQ", *Prosiding: Seminar Nasional Sains, Program Studi Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (UNESA)*, Surabaya.

Supriyono, Y., (2010b), "Deteksi Kerusakan Citra Sidik Jari Menggunakan Metode *Learning Vector Quantization*", *Tesis Magister Teknik PPs Teknik Elektro*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Syakry, S.A., Syam, R., Hariadi, M., (2009a), "Perbaikan Citra Sidik Jari Berminyak Menggunakan Metode Ward's Algorithm dan Unsharp Filtering", *Prosiding: Seminar Nasional Pascasarjana (SNPs) IX ITS, Program Pascasarjana ITS*, Surabaya.

Syakry, S.A., (2009b), "Perbaikan Citra Sidik Jari Berminyak Menggunakan Metode Ward's Algorithm dan Unsharp Filtering", *Tesis Magister Teknik PPs Teknik Elektro*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Syam, R., Hariadi, M., Purnomo, M.H., (2009), "Adaptive Fingerprint Image Defect Detection and Classification Based on Fingerprint Image Quality Analysis", *Proceedings: International Conference on Rural Information and Communication Technology (r-ICT)*, ITB, Bandung, Indonesia, hal. 423-428.

Syam, R., Hariadi, M., Purnomo, M.H., (2010a), "Penentuan Parameter Distorsi Citra Sidik Jari Menggunakan Skor Kejelasan dan Rasio Ketebalan Ridge-Valley", *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya (SENTIA)*, Politeknik Negeri Malang, hal. (ELK19) 1 - 6.

Syam, R., Hariadi, M., Purnomo, M.H., (2010b), "Determining the Oily Standard Value of Acquisition Distortion of Fingerprint Images", *Proceedings: Conference on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE)*, Department of Electrical Engineering and Information

Technology, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia, hal. 89-94.

Syam, R., Hariadi, M., Purnomo, M.H., (2010c), "Determining the Standard Value of Acquisition Distortion of the Fingerprint Images Based on Image Quality", *ITB Journal of Information and Communication Technology*, Volume 4 Nomor 2, ISSN: 1978-3086, hal. 115-132.

Syam, R., Hariadi, M., Purnomo, M.H., (2011a), "Penentuan Nilai Standar Distorsi Berminyak pada Akuisisi Citra Sidik Jari", *Jurnal Ilmiah Makara Seri Teknologi, Universitas Indonesia, Depok*, Volume 15, Nomor 1, hal. 55-62.

Syam, R., Hariadi, M., Purnomo, M.H., (2011b), "Determining the Dry Parameter of Fingerprint Image Using Clarity Score and Ridge-Valley Thickness Ratio", *IAENG International Journal of Computer Science*, Vol. 38, Issue 4. ISSN: 1819-9224 (online version); 1819-656X (print version), hal. 350-358.

Tabassi, E., Wilson, C.L., Watson, C.I., (2004), "Fingerprint Image Quality", National Institute of Standards and Technology (NIST) Fingerprint Image Quality.

Tabassi, E., Wilson, C. L., (2005), "A New Approach to Fingerprint Image Quality", *ICIP*, hal. 37-40.

Thai, R., (2003), Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction, The University of Western Australia.

Tsuda, K., (2000), "Overview of Support Vector Machine", *Journal of IEICE*, Vol. 83, No. 6, hal. 460-466.

Uchida, K., (2004), "Image-based Approach to Fingerprint Acceptability Assessment", *ICBA*, hal. 294-300.

Vapnik, V., (1998), *Statistical Learning Theory*, John Wiley & Sons, New York.

Wang, J., Neskovic, P., dan Cooper, L.N., (2007), "Selecting Data for Fast Support Vector Machine Training", *Studies in Computational Intelligence* 35, hal. 61-84.

Yun, E.K. dan Cho, S.B., (2006), "Adaptive Fingerprint Image Enhancement with Fingerprint Image Quality Analysis", *Science Direct, Image and Vision Computing*, Vol. 24, No. 1, hal. 101-110.

Zhang, Q. dan Yan, H., (2004), "Fingerprint Classification Based on Extraction and Analysis of Singularities and Pseudo Ridges", *The Journal of the Pattern Recognition Society* 37, hal. 2233-2243.



Zhang, Q., Huang, K., dan Yan, H., (2006), "Fingerprint Classification Based on Extraction and Analysis of Singularities and Pseudoridges", *Proceedings: Conferences in Research and Practice in Information Technology*, Vol. 11, Australian Computer Society, Sydney, Australia.



BIODATA PENULIS

Nama : Rahmat Syam
Tempat/Tanggal Lahir : Ujung Pandang / 21 Januari 1971
Agama : Islam
Pekerjaan : Dosen pada FMIPA Universitas Negeri Makassar
Alamat Rumah : Jl. Tun Abdul Razak I
BTN Pao-pao Permai Blok E2/29 Paccinongan Gowa
Sulawesi Selatan
Telp. (0411) 885243 / HP. 081355875511
E-mail : rahmat_syam@yahoo.co.id
rahmatsyam@elect-eng.its.ac.id
Alamat Kantor : Jurusan Matematika FMIPA UNM Makassar
Kampus UNM Parangtambung Makassar
Telp. (0411) 840860 – 844016
Nama Istri : Ince Suciati binti H. Abdul Radjab Dg. Lallo
Nama Ibu Kandung : Hj. Andi Sitti Maemunah
Nama Ayah Kandung : H. Andi Syamsul Bachri R. (Insya Allah Rahimahullah)

Riwayat Pendidikan:

1. TK Ade Irma Suryani Yon Armed 676 Makassar, 1975 - 1977
2. SDN No. 62 Manimpahoi, Sinjai Tengah, Sinjai, 1977 - 1983
3. SMP Negeri Manimpahoi, Sinjai Tengah, Sinjai, 1983 - 1986
4. SMA Negeri 1 Sinjai, 1986 - 1989
5. S1 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muslim Indonesia Makassar, 1989 - 1994
6. S2 Ilmu Komputer, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 2001 - 2003

Pengalaman Kerja:

1994 - 2000 : Instruktur pada Pusdiklat Komputer “Alumni Komputer” Makassar
1994 - 1996 : Instruktur pada Pusdiklat Komputer “Henin Komputer” Makassar
1994 - 1998 : Instruktur pada Pusdiklat Komputer “Megacom Komputer” Makassar
1996 - 1998 : Instruktur pada Pusdiklat Komputer “Cordova Computer” Makassar
1996 - 2000 : Manager Pendidikan dan Pelatihan pada Pusdiklat Komputer
“Alumni Komputer” Makassar
2001 - 2003 : Dosen Tidak Tetap pada AMIK Kartika Yani Yogyakarta
2000 - 2006 : Dosen Tidak Tetap pada Universitas Muslim Indonesia Makassar
2003 - 2006 : Dosen Tidak Tetap pada Akademi Ilmu Komputer AKBA Makassar
2003 - sekarang : Dosen Tetap pada Jurusan Matematika, Universitas Negeri Makassar

Daftar Publikasi Selama Studi Program Doktor:

Jurnal Internasional

1. **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Mauridhi Hery Purnomo, Determining the Dry Parameter of Fingerprint Image Using Clarity Score and Ridge-Valley Thickness Ratio, *IAENG International Journal of Computer Science*, Vol. 38, Issue 4, 12 November 2011, ISSN: 1819-9224 (online version); 1819-656X (print version).

Jurnal Nasional Terakreditasi

1. **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Mauridhi Hery Purnomo, Determining the Standard Value of Acquisition Distortion of the Fingerprint Images Based on Image Quality, *ITB Journal of Information and Communication Technology*, Volume 4 Nomor 2, 2010, ISSN: 1978-3086.
2. **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Mauridhi Hery Purnomo, Penentuan Nilai Standar Distorsi Berminyak pada Akuisisi Citra Sidik Jari, *Jurnal Ilmiah Makara Seri Teknologi*, Volume 15, Nomor 1, April 2011: 55-62.

Seminar Internasional

1. **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Mauridhi Hery Purnomo, Determining the Oily Standard Value of Acquisition Distortion of Fingerprint Images, *Conference on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE)*, 20th of July 2010, Department of Electrical Engineering and Information Technology, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia.
2. **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Mauridhi Hery Purnomo, Adaptive Fingerprint Image Defect Detection and Classification Based on Fingerprint Image Quality Analysis, *International Conference on Rural Information and Communication Technology (r-ICT)*, 17th-18th of June 2009, ITB, Bandung, Indonesia.

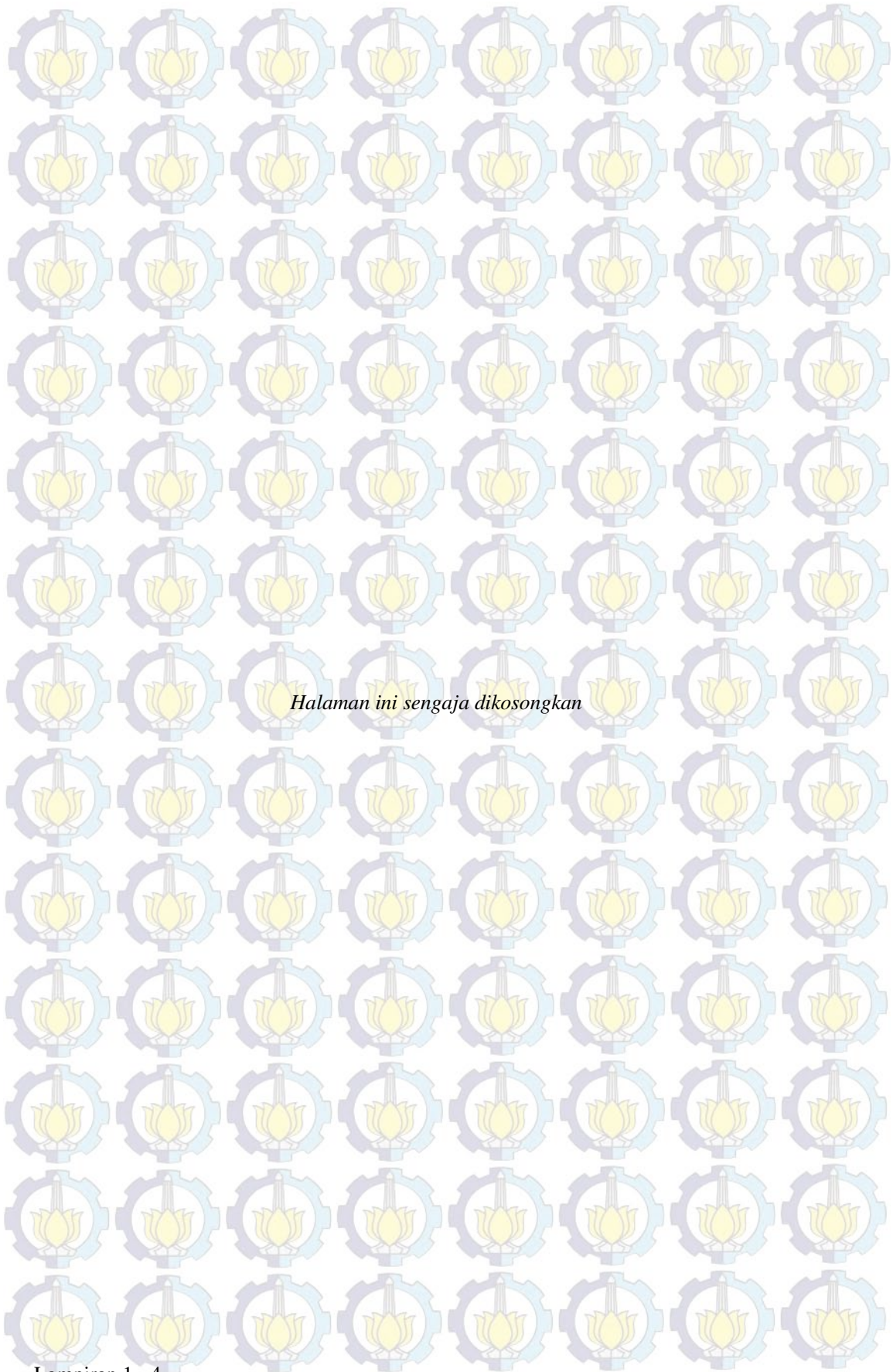
Seminar Nasional

1. **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Mauridhi Hery Purnomo, Penentuan Parameter Distorsi Citra Sidik Jari Menggunakan Skor Kejelasan dan Rasio Ketebalan Ridge-Valley, *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya (Sentia'10)*, Politeknik Negeri Malang, 11-12 Maret 2010.
2. Muhammad Nasir, **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Enhancement Citra Sidik Jari Kotor dengan Menggunakan *Hybrid Method* dan *Gabor Filter*, *The 11th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA) 2010*, ITS, Surabaya, 9 Oktober 2010.
3. Cahyo Darujati, **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Deteksi Distorsi Citra Sidik Jari Terotasi Menggunakan *Phase Only Correlation*, *The 11th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA) 2010*, ITS, Surabaya, 9 Oktober 2010.
4. Muhammad Nasir, **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, Enhancement Citra Sidik Jari Kotor dengan Teknik Gabor Filter, *Seminar Nasional Matematika 2010*, Departemen Matematika FMIPA Universitas Indonesia, Depok, 6 Februari 2010.

- 
5. Abdel Wahed Motwakel, **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, *Enhancement the Dry Fingerprint Images, Seminar Nasional Sains 2010, Program Studi Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Surabaya, Januari 2010.*
 6. Yoyok Supriyono, **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, *Deteksi Kesalahan Pengambilan Citra Sidik Jari Menggunakan LVQ, Seminar Nasional Sains 2010, Program Studi Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Surabaya, Januari 2010.*
 7. Sila Abdullah Syakry, **Rahmat Syam**, Mochamad Hariadi, *Perbaikan Citra Sidik Jari Berminyak Menggunakan Metode Ward's Algorithm dan Unsharp Filtering, Seminar Nasional Pascasarjana (SNPs) IX ITS 2009, Program Pascasarjana ITS, Surabaya, 12 Agustus 2009.*

Beasiswa dan Hibah yang Pernah Diterima Selama Studi Program Doktor:

- Tahun 2007-2010 : Beasiswa BPPS dari DIKTI
- Tahun 2010 : Hibah Penelitian Disertasi Doktor dari DIKTI



Halaman ini sengaja dikosongkan