

**KLASIFIKASI GENDER BERDASARKAN SIDIK JARI
MENGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS dan
SUPPORT VECTOR MACHINE**

Skripsi



oleh:

GIAN NATHAN CHRISTYO NUGROHO
71200585

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA**

2024

**KLASIFIKASI GENDER BERDASARKAN SIDIK JARI
MENGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS dan
SUPPORT VECTOR MACHINE**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

GIAN NATHAN CHRISTYO NUGROHO

71200585

PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

KLASIFIKASI GENDER BERDASARKAN SIDIK JARI MENGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS dan SUPPORT VECTOR MACHINE

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi keserjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar keserjanaan saya.

Yogyakarta, 1 Juli 2024

MA



GIAN NATHAN CHRISTYO NUGROHO
71200585

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : KLASIFIKASI GENDER BERDASARKAN SIDIK
JARI MENGGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT
ANALYSIS DAN SUPPORT VECTOR MACHINE

Nama Mahasiswa : GIAN NATHAN CHRISTYO NUGROHO

NIM : 71200585

Mata Kuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TI0366

Semester : Genap

Tahun Akademik : 2023/2024

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 2 Juli 2024

Dosen Pembimbing I



Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Sri Suwarno, M.Eng.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gian Nathan Christyo Nugroho
NIM : 71200585
Program studi : Informatika
Fakultas : Teknologi Informasi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

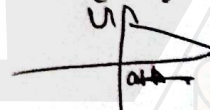
"KLASIFIKASI GENDER BERDASARKAN SIDIK JARI MENGGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS dan SUPPORT VECTOR MACHINE"

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 30 Juni 2024

Yang menyatakan



(Gian Nathan Christyo Nugroho)
NIM.71200585

HALAMAN PENGESAHAN

KLASIFIKASI GENDER BERDASARKAN SIDIK JARI MENGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS dan SUPPORT VECTOR MACHINE

Oleh: GIAN NATHAN CHRISTYO NUGROHO / 71200585

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 10 Juni 2024

Yogyakarta, 3 Juli 2024
Mengesahkan,

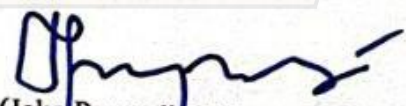
Dewan Penguji:

1. Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si
2. Dr. Ir. Sri Suwarno, M.Eng.
3. Nugroho Agus Haryono., S.Si., M.Si
4. Prihadi Beny Waluyo, S.Si., MT



Dekan

Ketua Program Studi


(Restyandito, S.Kom., MSIS., Ph.D.)
(Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom.)



Karya sederhana ini dipersembahkan
kepada Tuhan, Keluarga Tercinta,
dan Kedua Orang Tua



Kesuksesan adalah hasil dari persiapan, kerja keras, dan belajar dari kegagalan.

Colin Powell

Genggam bara api, biar sampai jadi arang.

(Pepatah Kuno)

KATA PENGANTAR

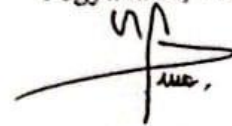
Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang maha kasih, karena atas segala rahmat, bimbingan, dan bantuan-Nya maka akhirnya Skripsi dengan judul **KLASIFIKASI GENDER BERDASARKAN SIDIK JARI MENGGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS dan SUPPORT VECTOR MACHINE** ini telah selesai disusun.

Penulis memperoleh banyak bantuan dari kerja sama baik secara moral maupun spiritual dalam penulisan Skripsi ini, untuk itu tak lupa penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan yang maha kasih,
2. Orang tua yang selama ini telah sabar membimbing dan mendoakan penulis tanpa kenal untuk selama-lamanya,
3. Restyandito, S.Kom, MSIS., Ph.D selaku Dekan FTI, yang telah memberikan arahan dan dukungan dalam proses penulisan Skripsi ini,
4. Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom. selaku Kaprodi Informatika, yang telah memberikan bimbingan dan dorongan positif untuk menyelesaikan penelitian ini,
5. R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si. selaku Dosen Pembimbing 1, yang telah memberikan ilmunya dan dengan penuh kesabaran membimbing penulis,
6. Sri Suwarno, Dr. Ir. M.Eng., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan ilmu dan kesabaran dalam membimbing penulis,
7. Keluarga tercinta: yang senantiasa memberikan dukungan, cinta, dan doa restu dalam setiap langkah penulis,
8. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, yang telah memberikan bantuan dana penuh dari Kartu Indonesia Pintar (KIP) Kuliah. Terima kasih atas kesempatan pendidikan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan lebih baik,
9. Lain-lain yang telah mendukung moral, spiritual, dan dana untuk belajar selama ini.

Laporan proposal/skripsi ini tentunya tidak lepas dari segala kekurangan dan kelemahan, untuk itu segala kritikan dan saran yang bersifat membangun guna kesempurnaan skripsi ini sangat diharapkan. Semoga proposal/skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca semua dan lebih khusus lagi bagi pengembangan ilmu komputer dan teknologi informasi.

Yogyakarta, 1 Juli 2024



Penulis

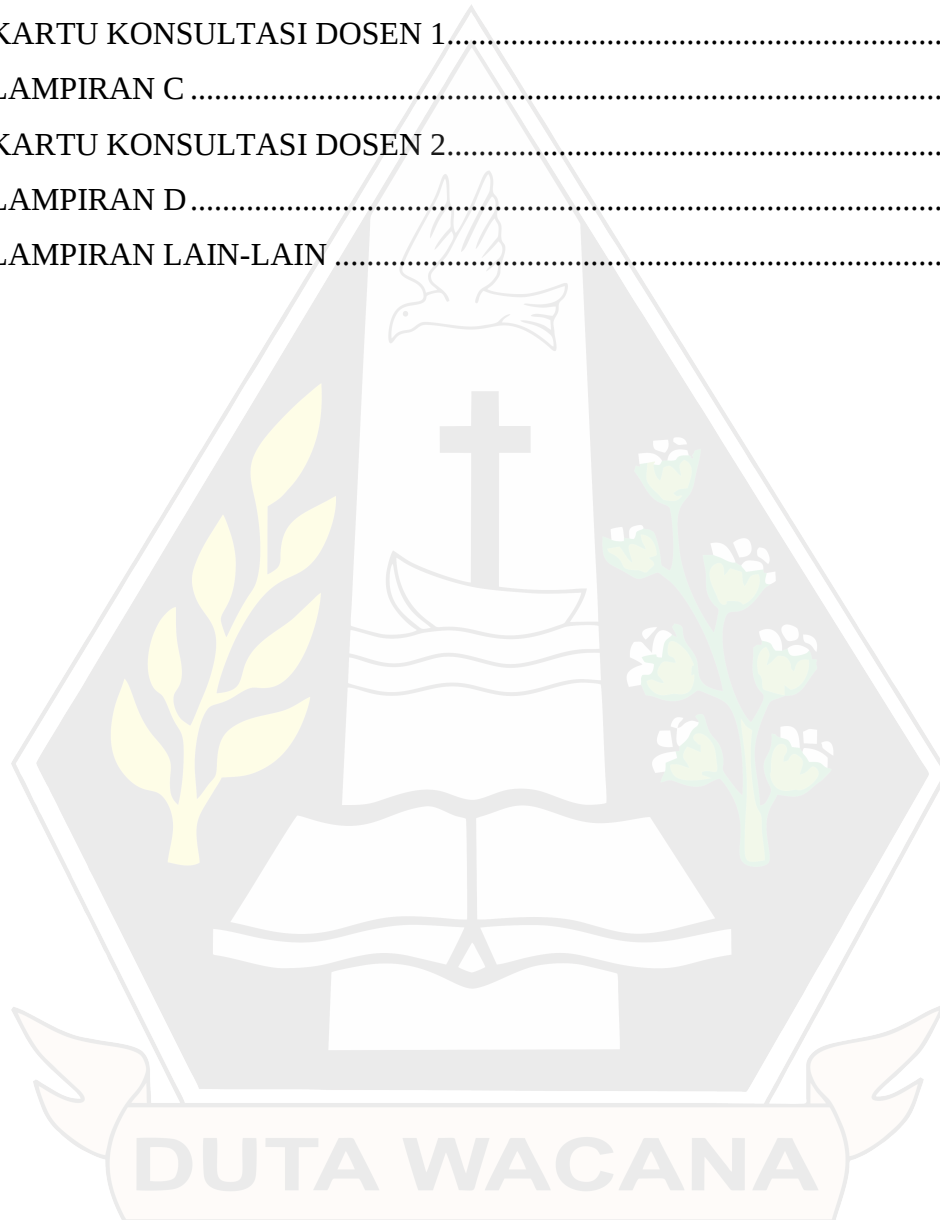


DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	3
HALAMAN PERSETUJUAN.....	4
HALAMAN PENGESAHAN.....	5
KATA PENGANTAR	8
DAFTAR ISI.....	10
DAFTAR GAMBAR	13
DAFTAR TABEL	14
INTISARI.....	15
ABSTRACT.....	16
BAB I	1
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Sidik Jari	6
2.1.2 Faktor Biologis.....	7
2.1.3 Faktor Genetik.....	7
2.1.4 Pola Sidik Jari	8
2.1.5 Fitur Sidik Jari.....	10
2.1.6 Ekstraksi Fitur	10

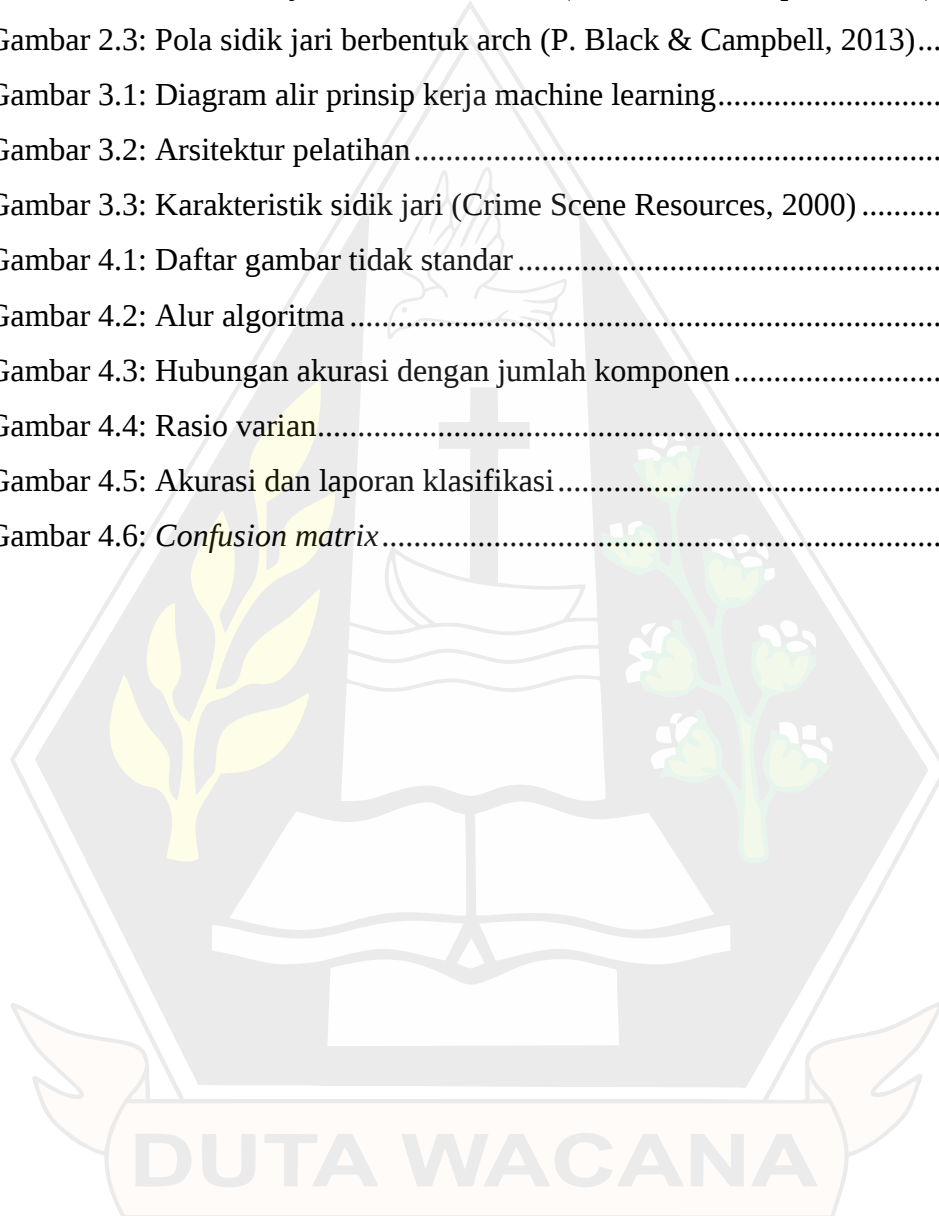
2.1.7	Korelasi Sidik Jari dengan Gender.....	11
2.1.8	<i>Principal Component Analysis</i>	11
2.1.9	Klasifikasi	12
2.1.10	<i>Support Vector Machine</i>	12
2.1.11	<i>Confusion matrix</i>	15
BAB III		17
3	METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1	Objek Penelitian.....	17
3.2	Subjek Penelitian.....	17
3.3	Diagram Alir Prinsip Klasifikasi.....	18
3.4	Analisis Kebutuhan Sistem	19
3.5	Pengumpulan Data	20
3.6	Ekstraksi Fitur	20
3.7	Pembuatan Model Klasifikasi	21
3.8	Analisis Kebutuhan Sistem	22
3.9	Perancangan Pengujian Sistem	22
BAB IV		23
4	IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1	Preprosesing Data.....	23
4.2	Alur Algoritma.....	26
4.3	Pengolahan data	27
4.4	Implementasi Ekstraksi Fitur	28
4.5	Implementasi Klasifikasi.....	30
4.6	Pengujian dan Analisis.....	32
4.7	Perbandingan Akurasi	36
4.8	Pembahasan.....	38
BAB V.....		40
5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran.....	40

DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN A.....	45
KODE SUMBER PROGRAM	45
LAMPIRAN B	58
KARTU KONSULTASI DOSEN 1.....	58
LAMPIRAN C	59
KARTU KONSULTASI DOSEN 2.....	59
LAMPIRAN D.....	60
LAMPIRAN LAIN-LAIN	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Pola sidik jari berbentuk loop (P. Black & Campbell, 2013).....	8
Gambar 2.2: Pola sidik jari berbentuk whorl (P. Black & Campbell, 2013)	9
Gambar 2.3: Pola sidik jari berbentuk arch (P. Black & Campbell, 2013).....	9
Gambar 3.1: Diagram alir prinsip kerja machine learning.....	18
Gambar 3.2: Arsitektur pelatihan	19
Gambar 3.3: Karakteristik sidik jari (Crime Scene Resources, 2000)	21
Gambar 4.1: Daftar gambar tidak standar	24
Gambar 4.2: Alur algoritma	26
Gambar 4.3: Hubungan akurasi dengan jumlah komponen	29
Gambar 4.4: Rasio varian.....	30
Gambar 4.5: Akurasi dan laporan klasifikasi.....	33
Gambar 4.6: <i>Confusion matrix</i>	35



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1: Perbandingan <i>kernel SVM nonlinear</i>	32
Tabel 4.2: Perbandingan akurasi kernel <i>polynomial</i>	36
Tabel 4.3: Perbandingan akurasi kernel RBF	36
Tabel 4.4: Perbandingan akurasi kernel <i>sigmoid</i>	37



INTISARI

KLASIFIKASI GENDER BERDASARKAN SIDIK JARI MENGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS dan SUPPORT VECTOR MACHINE

Oleh

GIAN NATHAN CHRISTYO NUGROHO

71200585

Mayoritas penelitian klasifikasi sidik jari menggunakan ciri-ciri seperti *core* dan *delta* sebagai basisnya. Sebelum mengekstraksi fitur-fitur sidik jari, berbagai tahapan preprosesing biasanya dilakukan terlebih dahulu. Penelitian ini berbeda dengan penelitian lain karena klasifikasi dilakukan langsung pada citra sidik jari tanpa melalui tahap preprosesing yang detail dan hanya dilakukan pengubahan ukuran piksel menjadi 96x103. Ciri-ciri sidik jari tidak ditentukan secara manual, melainkan diekstraksi secara otomatis menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) yang menghasilkan 4200 ciri-ciri yang terbaik. Untuk alasan kesempurnaan fitur telah dilakukan normalisasi fitur menggunakan *StandardScaler*. Klasifikasi dari penelitian ini menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) *nonlinear* dengan *kernel* Polynomial. Penelitian ini menggunakan 6000 sampel data dari *database* SOCOFing. Model ini memperoleh akurasi klasifikasi hingga 88,75%.

Kata-kata kunci : sidik jari, klasifikasi gender, PCA, SVM

ABSTRACT

GENDER CLASSIFICATION BASED ON FINGERPRINTS USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS AND SUPPORT VECTOR MACHINE

By

GIAN NATHAN CHRISTYO NUGROHO

71200585

Most fingerprint classification research uses features such as core and delta as its basis. Before extracting fingerprint features, various preprocessing steps are usually performed first. This study differs from other studies in that classification is performed directly on the fingerprint image without going through a detailed preprocessing step and only a pixel size change is performed to 96x103. Fingerprint features are not determined manually, but are extracted automatically using the Principal Component Analysis (PCA) method which produces the 100 best features. For feature perfection reasons, feature normalization has been performed using StandardScaler. The classification of this study uses a nonlinear Support Vector Machine (SVM) method with a Polynomial kernel. This study uses 6000 data samples from the SOCOFing database. This model obtains a classification accuracy of up to 88.75%.

Keywords : fingerprint, gender classification, PCA, SVM

BAB I

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pada penelitian sidik jari, dapat dibagi menjadi dua cakupan bagian yaitu cakupan besar dan cakupan kecil dimana untuk penelitian ini akan berfokus pada cakupan kecil. Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor yaitu dataset yang digunakan berasal dari Kaggle. Dan juga tujuan akhir dari penelitian ini yaitu, untuk mencari tingkat akurasi dengan menggunakan metode klasifikasi SVM (*Support Vector Machine*) dan pengurangan dimensi dengan bantuan PCA (*Principal Component Analysis*).

Sebelum dilakukannya klasifikasi gender, akan dilakukan proses ekstraksi fitur dengan menggunakan teknik *Principal Component Analysis*. Penggunaan PCA sebagai teknik pengurangan dimensi telah dinilai keefektifannya. Sebagai contoh, (Gornale & D, 2013) menggunakan PCA dalam analisis gambar sidik jari untuk klasifikasi gender dan menunjukkan tingkat akurasi hingga 95%. Demikian pula, (Kaur & Mazumdar, 2012) menggunakan PCA dalam penelitian mereka tentang identifikasi gender berbasis sidik jari dan mencapai tingkat akurasi keseluruhan sebesar 80% untuk pria dan 90% untuk wanita. Temuan ini memberikan bukti kuat akan kesesuaian PCA dalam mengklasifikasikan gender secara akurat berdasarkan fitur sidik jari.

Klasifikasi gender berdasarkan sidik jari telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian menunjukkan hasil dari penggunaan *Support Vector Machine* yang menjanjikan untuk klasifikasi gender berbasis sidik jari. Ditunjukkan oleh (Gornale, 2015) yang menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) dengan fitur *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan mencapai tingkat klasifikasi 89% dan 91% dengan klasifikasi SVM yang berbeda. Bukti ini mendukung bahwa SVM adalah metode yang tepat dan efektif untuk klasifikasi sidik jari, terutama dalam konteks identifikasi gender.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi gender berdasarkan sidik jari yang akurat dan efisien. Dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mengurangi dimensionalitas data sidik jari dan metode *Support Vector Machine* (SVM) untuk melakukan klasifikasi.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada Latar Belakang Masalah, maka masalah yang akan diteliti ini dapat dirumuskan:

Bagaimana akurasi klasifikasi gender dengan metode SVM dengan fitur PCA?

1.3. Batasan Masalah

Hal yang dibatasi dalam penelitian ini adalah data sidik jari yang digunakan akan diekstraksi fiturnya menggunakan metode *Principal Component Analysis* dan diklasifikasikan menggunakan metode *Support Vector Machine*. Selain itu yang menjadi batasannya adalah digunakan 6000 sidik jari berformat bitmap dengan resolusi 96x103.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem klasifikasi gender berdasarkan sidik jari yang akurat dan efisien, dimana penelitian ini akan menggunakan fitur-fitur yang paling berpengaruh terhadap klasifikasi gender.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk menentukan hasil akurasi yang lebih tinggi dari penelitian yang sudah ada dengan penggabungan metode *Principal Component Analysis* dan metode *Support Vector Machine* cocok untuk klasifikasi sidik jari berdasarkan gender.

1.6. Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini disusun dengan sistematika bagian pertama, terdiri dari lima bab: Bab 1 yaitu Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan pernyataan keaslian disertasi. Bab 2 yaitu Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori yang berisi tinjauan pustaka tentang penelitian-penelitian terkait, dan berbagai tinjauan pustaka spesifik, yaitu tentang mengenai metode *Principal Component Analysis* dan *Support Vector Machine* untuk klasifikasi gender berdasarkan sidik jari. Bab 3 yaitu Metodologi Penelitian yang berisi tentang penjelasan metode atau sejumlah langkah yang akan diimplementasikan dalam penelitian meliputi objek penelitian, subjek penelitian, diagram alir prinsip klasifikasi, arsitektur pelatihan, pengumpulan data, ekstraksi fitur, pembuatan model klasifikasi, analisis kebutuhan sistem, dan perancangan pengujian sistem. Bab 4 yaitu Implementasi dan Pembahasan yang berisi preprosesing data, alur algoritma, pengolahan data, implementasi fitur ekstraksi, implementasi klasifikasi, pengujian dan analisis, perbandingan akurasi, dan pembahasan, dan Bab 5 yaitu Kesimpulan dan Saran dari hasil penelitian klasifikasi gender berdasarkan sidik jari.

BAB V

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berfokus pada klasifikasi gender berdasarkan sidik jari dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Support Vector Machine* (SVM). Penggunaan PCA untuk mereduksi dimensi fitur terbukti tidak efektif dalam mengurangi kompleksitas data tanpa menghilangkan informasi penting karena banyak fitur yang sangat diperlukan untuk proses klasifikasi sehingga jika dilakukan pengurangan dimensi secara signifikan akan mengurangi akurasi model. Dengan dilakukan klasifikasi model SVM dengan *kernel polynomial* menunjukkan kinerja yang efektif dalam mengklasifikasikan gender berdasarkan gambar sidik jari ditunjukkan dengan akurasi sebesar 88.75%. Namun jika dilakukan normalisasi dengan *StandardScaler* telah menurunkan akurasi menjadi 84.17%. Dengan analisis *precision*, *recall*, dan *f1-score* menunjukkan bahwa model ini mampu mengenali pola yang relevan dalam data untuk menentukan gender. Selain itu, evaluasi dengan menggunakan *confusion matrix* memberikan jumlah yang lebih eksplisit dimana model dapat memprediksi dengan benar untuk sidik jari “Pria” sebanyak 517 sedangkan model juga dapat memprediksi dengan benar untuk sidik jari “Wanita” sebanyak 493. Hasil tersebut dari 1200 data yang termasuk dalam data pengujian yang menunjukkan 1010 data diprediksi benar dari kelas “Pria” dan “Wanita”, lalu sisanya sebanyak 190 data telah salah diprediksi oleh model.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut adalah dengan meningkatkan kualitas dan kuantitas gambar sidik jari dalam dataset dikarenakan data untuk pria dan wanita tidak seimbang, dan termasuk memastikan resolusi yang lebih tinggi dan kualitas gambar yang lebih baik, dapat membantu model dalam mengenali pola

dengan lebih akurat. Selain itu, pada penelitian berikutnya dapat dilakukan percobaan penggunaan SVM *linear*, ataupun penggunaan metode ekstraksi fitur yang lain selain dari PCA.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. F., Rahman, A. F. N. A., Abas, Z. A., & Saad, W. H. M. (2016). Development of a Fingerprint Gender Classification Algorithm Using Fingerprint Global Features. Dalam *IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications* (Vol. 7, Nomor 6).
www.ijacsa.thesai.org
- Acree, M. A. (1999). Is there a gender difference in fingerprint *ridge* density? Dalam *Forensic Science International* (Vol. 102).
- Agarwal, V., Sahai, A., Gupta, A., & Jain, N. (2017). Human identification and verification based on signature, fingerprint and iris integration. *2017 6th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)*, 456–461.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:5041575>
- Agrawal, H. (2014). *Fingerprint Based Gender Classification using multi- class SVM*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212487544>
- Badawi, A., Mahfouz, M. R., & Jantz, R. (2006). *Fingerprint-Based Gender Classification*. <https://www.researchgate.net/publication/220809166>
- Crime Scene Resources. (2000). *Fingerprint Ridge Patterns and Characteristics*. Crime Scene Resources.
- Dara, S., & Tumma, P. (2018). Feature Extraction By Using Deep Learning: A Survey. *2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 1795–1801.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:52913157>
- D'yakonov, A. G. (2015). Solution methods for classification problems with categorical attributes. *Computational Mathematics and Modeling*, 26(3), 408–428. <https://doi.org/10.1007/s10598-015-9281-2>
- Gnanasivam, P., & Vijayarajan, R. (2019). Gender classification from fingerprint *ridge* count and fingertip size using optimal score assignment. *Complex and Intelligent Systems*, 5(3), 343–352. <https://doi.org/10.1007/s40747-019-0099-y>

- Gornale, S. S. (2015). *Gender Classification Using Fingerprints Based On Support Vector Machines (SVM) With 10- Cross Validation Technique*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212549222>
- Gornale, S. S., & D, G. C. (2013). ANALYSIS OF FINGERPRINT IMAGE FOR GENDER CLASSIFICATION USING SPATIAL AND FREQUENCY DOMAIN ANALYSIS. *American International Journal of Research in Science*, 13–212. <http://www.iasir.net>
- Jalali, S., Boostani, R., & Mohammadi, M. (2022). Efficient fingerprint features for gender recognition. *Multidimensional Systems and Signal Processing*, 33(1), 81–97. <https://doi.org/10.1007/s11045-021-00789-6>
- Kaur, R., & Mazumdar, S. G. (2012). *FINGERPRINT BASED GENDER IDENTIFICATION USING FREQUENCY DOMAIN ANALYSIS*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212512523>
- Krstinić, D., Braović, M., erić, L., & Boić-tulić, D. (2020). Multi-label Classifier Performance Evaluation with *Confusion matrix*. *Computer Science and Information Technology*, 10, 1.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:225717586>
- Kücken, M. (2007). Models for fingerprint pattern formation. Dalam *Forensic Science International* (Vol. 171, Nomor 2–3, hlm. 85–96). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.02.025>
- Langenburg, G. (2005, Januari 24). Are one's fingerprints similar to those of his or her parents in any discernable way? *Scientific American*.
- Le-Rademacher, J., & Billard, L. (2017). *Principal Component Analysis* for histogram-valued data. *Advances in Data Analysis and Classification*, 11(2), 327–351. <https://doi.org/10.1007/s11634-016-0255-9>
- Maltoni, D., Maio, D., Jain, A. K., & Prabhakar, S. (2009). *Handbook of Fingerprint Recognition* (2 ed.). Springer Science & Business Media.
- Mansour, R. F., Al-Marghilnai, A., & Alruily, M. (2014). Gender classification based on fingerprints using SVM. *ICAART 2014 - Proceedings of the 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence*, 1, 241–244.
<https://doi.org/10.5220/0004721602410244>

Ming-yan, W. (2009). Gender Classification Based on PCA and LBP. *Computer Knowledge and Technology*.

<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:57174599>

Naseeda, P., & AnzarS., M. (2019). Combining features and ancillary measures for exploring hereditary trends in fingerprints. *TENCON 2019 - 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON)*, 1626–1631.

<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:209335708>

P. Black, J., & Campbell, S. (2013). *Principles of Fingerprint Analysis*. Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology.

Wang, H., Liu, H., & Zhang, X. (2016). *Development Trend of Support Vector Machine and Applications on the Field of Computer Science*.

