

DISERTASI

***FRAMEWORK* KLASIFIKASI UNTUK IDENTIFIKASI KEPERIBADIAN
MELALUI TULISAN TANGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN
*IMAGE PROCESSING***

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Doktor Ilmu Teknik**



**RUDI KURNIAWAN
NIM. 03013681924008**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**“FRAMEWORK KLASIFIKASI UNTUK IDENTIFIKASI KEPERIBADIAN
MELALUI TULISAN TANGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN
IMAGE PROCESSING”**

DISERTASI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Doktor dalam Bidang Ilmu Teknik Informatika

Oleh

**RUDI KURNIAWAN
NIM. 03013681924008**

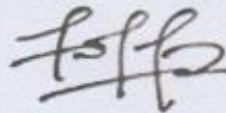
Palembang, 15 Juni 2023

Promotor



Samsuryadi, S.Si., M.Kom., Ph.D.
NIP. 197102041997021003

Ko-Eksternal Promotor



Fatma Susilawati Mohamad, B.Sc., MIT., Ph.D.

Mengetahui,



Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002



Koordinator Prodi
Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa laporan disertasi ini dengan judul "*Framework Klasifikasi untuk Identifikasi Kepribadian Melalui Tulisan Tangan Menggunakan Pendekatan Image Processing*" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 (lima belas) bulan Juni tahun 2023.

Palembang, 15 Juni 2023

Ketua

Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.
NIP. 196706151995121002

()

Anggota

1. Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si.
NIP. 197101291994121001

()

2. Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19710129 199702 1 001

()


3. Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Ing. Ir. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Koordinator Prodi

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rudi Kurniawan
NIM : 03013681924008
Judul : *Framework* klasifikasi untuk Identifikasi Kepribadian
Melalui Tulisan Tangan Menggunakan Pendekatan
Image Processing

Menyatakan bahwa ~~Laporan Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi*~~ saya merupakan hasil karya sendiri didampingi ~~Tim pembimbing~~ Promotor dan Ko-promotor* dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam ~~Laporan Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi*~~ ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa adanya paksaan dari siapapun.



Palembang, 15 Juni 2023



Rudi Kurniawan

NIM. 03013681924008

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Rudi Kurniawan dilahirkan di Kota Lubuklinggau pada tanggal 20 Oktober 1982. Anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Ismardi dan Rosdahayati. Pendidikan SD sampai dengan SMA ditempuh di Kota kelahiran, Lubuklinggau. Setelah menyelesaikan pendidikan SMA, melanjutkan ke jenjang Strata satu pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada Jogjakarta dan meraih gelar Sarjana Teknik pada 2007.

Tahun 2011 mulai menjadi Guru TIK di salah satu SMK terkemuka di Kota Lubuklinggau, SMK Yadika Lubuklinggau. Dalam kurun waktu aktif mengajar, penulis memutuskan untuk melanjutkan studi S2 di bidang Teknik Informatika Universitas Bina Darma Palembang yang diselesaikan dalam kurun waktu 1 tahun 8 bulan, sehingga berhak memperoleh gelar Magister Komputer 2014.

Tahun 2014, penulis melanjutkan karier sebagai dosen di Universitas Bina Insan Lubuklinggau (dahulu STMIK Musirawas dan berkembang menjadi universitas pada tahun 2019). Selama menjadi dosen, penulis aktif dalam hibah, salah satunya hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) pada tahun 2018. Selain menjadi dosen tetap yayasan, penulis dipercaya untuk mengemban tugas tambahan sebagai Ketua Program Studi Sistem Komputer (2017-2019) dan menjadi Wakil Ketua I STMIK Musirawas (2019).

Tahun 2019, penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan S3 pada Program Studi Doktor Ilmu Teknik Universitas Sriwijaya dengan bidang kajian Teknik Informatika dengan Skema pembiayaan beasiswa BPPDN tahun 2019. Bidang penelitian disertasi penulis fokus pada identifikasi kepribadian berdasarkan tulisan tangan melalui pendekatan pembelajaran mesin dan pengolahan citra. Dalam melaksanakan penelitian disertasi, penulis dibimbing dan diarahkan oleh Bapak Samsuryadi, M.Kom., Ph.D. selaku promotor dan ibu Associate Prof. Fatma Sulisawati Mohamad, Ph.D.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, dimana berkat rahmat dan karunia-Nya disertasi ini dapat diselesaikan. Disertasi ini diberi judul ‘*Framework Klasifikasi untuk Identifikasi Kepribadian Melalui Tulisan Tangan Menggunakan Pendekatan Image Processing*’. Disertasi ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Shalawat serta Salam kita panjatkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang selalu memberikan syafaat dalam perjalanan kita. Meskipun penulis telah berupaya untuk menyajikan disertasi yang terbaik, namun masih terdapat kekurangan. Oleh karenanya kritik serta saran yang membangun sangat diperlukan untuk kesempurnaan disertasi ini.

Selesainya disertasi ini tentunya tidak terlepas dari dukungan banyak pihak, oleh karenanya pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta Papa dan Mama, orang tua yang selalu memberikan ridho setiap perjalanan dan perjuangan-ku. Istri tercinta, atas pengertian dan pengorbanannya, serta adik-adik yang selalu mendukungku.
2. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI atas diberikannya kesempatan memperoleh Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) tahanan akademik 2019-2020.

3. Bapak Samsuryadi, S.Si, M.Kom., Ph.D., selaku promotor yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan dukungan, bimbingan serta nasehat.
4. Ibu Fatma Susilawati Mohamad, B.Sc., MIT., Ph.D selaku ko-eksternal promotor yang memberikan dukungan dan bimbingan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
5. Dosen-dosen program Doktor Ilmu Teknik, atas ilmu dan kesabarannya.
6. Bapak Muhammad Nur Farih selaku Ketua Yayasan Pendidikan Dwi Tunggal (YPDT) Palembang atas dukungan morilnya.
7. Bapak Dr. Sardiyo, M.M selaku Rektor Universitas Bina Insan yang telah memberikan kesempatan untuk studi lanjut.
8. Rekan-rekan sejawat di komunitas “*Research for Life*” yang selalu memberikan semangat.

Terima kasih atas dukungan yang diberikan baik secara moril maupun materiil, semoga kebaikannya mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT. Akhir kata, semoga disertasi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Penulis

Rudi Kurniawan

RINGKASAN

FRAMEWORK KLASIFIKASI UNTUK IDENTIFIKASI KEPERIBADIAN MELALUI TULISAN TANGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *IMAGE PROCESSING*

Karya Tulis Ilmiah Berupa Disertasi, 15 Juni 2023

Rudi Kurniawan, S.T., M.Kom. dipromotori oleh Samsuryadi, S.Si., M.Kom., Ph.D. dan Fatma Susilawati Mohamad, B.Sc., MIT., Ph.D.

Classification framework for Personality Identification through Handwriting Using Image Processing Approach

Penelitian ini bertujuan untuk membangun *framework* dalam mengidentifikasi kepribadian seseorang berdasarkan analisis tulisan tangan (grafologi). Meskipun telah banyak dikembangkan berbagai model dan pendekatan dalam penelitian yang berhubungan dengan otomatisasi grafologi, namun masih terdapat kendala yang dihadapi hingga saat ini seperti: pemilihan teknik-teknik *pre-processing*, algoritma pengolahan citra untuk mengekstraksi fitur-fitur tulisan tangan, dan teknik-teknik klasifikasi yang tepat untuk mendapatkan akurasi yang maksimal dari setiap pemodelan yang dibangun. Pembangunan *framework* baru yang handal ini menggunakan pendekatan pengolahan citra seperti metode *bilateral filtering*, *inverted global thresholding*, dilasi, kontur, transformasi *affine*, dan teknik *deslanting* serta melakukan klasifikasi psikologi kepribadian *the big five model* dengan pendekatan pembelajaran mesin. Selanjutnya melakukan pengujian *framework* baru dalam mengklasifikasi psikologi dari kepribadian seseorang berdasarkan *the big five model* dengan parameter evaluasi *k-fold cross validation*. Hasil eksperimen menggunakan *decision tree*, *K-Nearest Neighbour* (K-NN), dan *Support Vector Machine* (SVM) dengan *Radial Basis Fuction* (RBF) kernel menghasilkan rerata akurasi sebesar 99 %. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa *framework* yang diusulkan dapat bekerja dengan baik dalam memprediksi dan melakukan klasifikasi terhadap model *the big five* melalui fitur tulisan tangan

Kata kunci : grafologi, analisis tulisan tangan, pemrosesan citra, pembelajaran mesin, *big five model*.

SUMMARY

CLASSIFICATION FRAMEWORK FOR PERSONALITY IDENTIFICATION THROUGH HANDWRITING USING IMAGE PROCESSING APPROACH

Doctoral Research, June 15th, 2023

Rudi Kurniawan; Supervised by Samsuryadi, S.Si., M. Kom., Ph.D. and Fatma Susilawati Mohamad, B.Sc., MIT., Ph.D.

Classification framework for Personality Identification through Handwriting Using Image Processing Approach

The goal of this research is to provide a framework for analyzing handwriting (graphology) in order to determine a person's personality. Despite the fact that numerous models and methods have been developed in research on graphological automation, there are still challenges that need to be overcome, such as choosing the right pre-processing methods, image processing algorithms for extracting handwritten features, and classification methods to get the most accurate results from each model that is built. The development of this new trustworthy framework makes use of machine learning techniques for the big five psychological classification of personality models as well as bilateral filtering methods, inverted global thresholding, dilation, contours, affine transformations, and deslanting techniques. The next step is to test a new framework for categorizing a person's personality psychology using the big five model and the assessment criterion k-fold cross validation. An average accuracy of 99% is produced by experimental results employing decision trees, K-Nearest Neighbour (KNN), and Support Vector Machine (SVM) with Radial Basis Function (RBF) kernel. The outcomes show that the suggested framework can successfully predict and categorize the big five models using handwriting traits.

Keyword : Graphology, Handwriting Analysis, Image Processing, Machine Learning, Big Five Model.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR	vi
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	2
1.2 Pernyataan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	10
1.6 Sistematika Penulisan.....	12
BAB 2 LANDASAN TEORI	15
2.1 <i>State of the art</i> Otomatisasi Grafologi.....	15
2.2 Pengumpulan Data dan Akuisisi Data Pada Otomatisasi Grafologi	19
2.2.1 Luring (<i>Offline</i>) vs Daring (<i>Online</i>)	20
2.2.2 <i>Database</i> Tulisan Tangan	21
2.3 Pemrosesan Awal (<i>Preprocessing</i>).....	24
2.3.1 <i>Resizing</i> dan <i>Cropping</i>	25
2.3.2 Filterisasi (<i>filtering</i>) Citra Tulisan Tangan	25
2.3.3 Citra Derajat Keabuan (<i>Grayscale</i>) dan <i>Thresholding</i>	28
2.3.4 Segmentasi (<i>Segmentation</i>).....	29
2.3.5 Normalisasi (<i>Normalization</i>).....	30
2.3.6 Poligonalisasi (<i>Poligonization</i>)	33
2.4 Ekstraksi Fitur Tulisan Tangan	35
2.5 Psikologi Kepribadian (<i>Personality Psychological</i>)	40
2.5.1 <i>Big Five Model (Five-Factor Models)</i>	41
2.5.2 <i>Myers-Briggs Types of Indicator (MBTI)</i>	43
2.5.3 <i>Enneagram</i>	44
2.5.4 <i>Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI)</i>	44
2.6 Klasifikasi Kepribadian Berdasarkan Tulisan Tangan	44
2.6.1 <i>Naïve Bayes</i>	46
2.6.2 <i>K-Nearest Neighbors (KNN)</i>	46
2.6.3 <i>Support Vector Machine (SVM)</i>	47
2.6.4 <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	48
2.6.5 <i>Decision Tree (DT)</i>	48
2.6.6 Regresi (<i>Regression</i>)	49

2.6.7	Sistem Berbasis Aturan (<i>Rule-based System</i>)	50
2.6.8	<i>K-Means</i>	50
2.7	Pengukuran performansi.....	53
2.8	<i>K-Fold Cross Validation (CV)</i>	54
2.9	Diskusi	56
2.10	Kesimpulan.....	59
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	61
3.1	Kerangka Penelitian.....	61
3.2	Desain Penelitian	63
3.2.1	Studi Pustaka.....	63
3.2.2	Persiapan Data Input Tulisan Tangan	64
3.2.3	<i>Preprocessing</i>	66
3.2.4	<i>Ekstraksi Fitur</i>	66
3.2.5	Klasifikasi Fitur Tulisan Tangan.....	66
3.2.6	Pengukuran performansi	67
3.2.7	Penyusunan Laporan	67
3.3	Kebutuhan Penelitian.....	67
3.4	Rancangan Sistem	68
3.4.1	<i>Preprocessing</i>	68
3.4.2	Ekstraksi fitur tulisan tangan.....	73
3.4.3	Klasifikasi Kepribadian.....	85
3.4.4	Pengukuran Performansi	89
3.5	Kesimpulan.....	90
BAB 4	EKSTRAKSI FITUR TULISAN TANGAN	92
4.1	Pengujian Ekstraksi Fitur Tulisan Tangan	92
4.1.1	Pengujian dan Hasil Ekstraksi Baris Dasar (<i>Baseline</i>)	93
4.1.2	Pengujian dan Hasil Ekstraksi Ukuran Huruf (<i>Letter Size</i>)	93
4.1.3	Pengujian dan Hasil Ekstraksi Jarak Spasi Antar Baris	94
4.1.4	Pengujian dan Hasil Ekstraksi Fitur Jarak Antar Kata.....	95
4.1.5	Pengujian dan Hasil Ekstraksi Fitur Marjin Atas (<i>Top Margin</i>)	96
4.1.6	Pengujian dan Hasil Ekstraksi Fitur Kemiringan (<i>Slant</i>).....	97
4.1.7	Pengujian dan Hasil Ekstraksi Fitur Tekanan Pena	98
4.2	Kesimpulan.....	102
BAB 5	HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	104
5.1	Uji Performansi Terhadap <i>IAM Handwriting Database</i>	104
5.1.1	Skenario Split-test 50:50	105
5.1.2	Uji Performansi Dengan Komposisi Split-test 35:65.....	109
5.1.3	Uji Performansi Dengan Komposisi Split-test 20:80.....	113
5.2	Uji Performansi terhadap <i>CVL Database</i>	117
5.2.1	Skenario Split-test 50:50	117
5.2.2	Skenario Split-test 35:65	121
5.2.3	Skenario Split-test 20:80	125
5.3	Evaluasi <i>K-Fold Cross Validation (CV)</i>	129
5.3.1	<i>K-fold CV</i> terhadap <i>IAM Database</i>	129
5.3.2	<i>K-fold CV</i> terhadap <i>CVL Database</i>	142
5.4	Diskusi	155

5.5	Simpulan dan Luaran.....	157
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN.....	159
6.1	Kesimpulan.....	159
6.2	Saran.....	160
	DAFTAR PUSTAKA	162
	LAMPIRAN.....	173

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pendekatan <i>Image Processing</i> Pada Pemrosesan Awal	25
Gambar 2.2 Transformasi Affine	31
Gambar 2.3 Teknik <i>Deslanting</i> Dengan Nilai $H(\alpha)$ Maksimal α	33
Gambar 2.4 Pendekatan <i>Image Processing</i> Pada Ekstraksi Fitur	38
Gambar 2.5 Pendekatan klasifikasi Dalam Otomatisasi Grafologi.....	45
Gambar 2.6 Optimum <i>Hyperplane</i>	47
Gambar 2.7 Ilustrasi k-fold cross validation	55
Gambar 2.8 Proses Otomatisasi Grafologi.....	59
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	62
Gambar 3.2 <i>Framework</i> Otomatisasi Grafologi Yang Diusulkan	63
Gambar 3.3 Original IAM dan CVL Database	65
Gambar 3.4 (a) Citra Original (b) Setelah dilakukan <i>Cropping</i>	69
Gambar 3.5 (a) Citra sebelum <i>filtering</i> (b) Setelah dilakukan <i>filtering</i>	70
Gambar 3.6 Histogram Citra Keabuan.....	70
Gambar 3.7 <i>Inverted Global Thresholding</i> dengan $t=120$	71
Gambar 3.8 Proses Dilasi Pada Teks Tulisan Tangan	72
Gambar 3.9 Kontur dari <i>Baseline Angle</i>	74
Gambar 3.10 (a) Rotasi dengan Transformasi <i>Affine</i> , (b) Segmentasi Individual Text	76
Gambar 3.11 Ekstraksi Ukuran Huruf	77
Gambar 3.12 Ekstraksi Jarak Spasi Antar Baris	78
Gambar 3.13 Ekstraksi Jarak Spasi Antar Kata	80
Gambar 3.14 Ekstraksi Jarak Top Margin	80
Gambar 3.15 <i>Inverted Binary Threshold</i> (a) $th=120$, (b) $th=100$	82
Gambar 3.16 Kategori Tekanan Pena	83
Gambar 3.17 Ekstraksi Sudut Kemiringan.....	84
Gambar 4.1 Citra Tulisan Tangan Yang Diuji	92
Gambar 4.2 Plot Sebaran Nilai $S(\alpha)$ terhadap α	98
Gambar 4.3 <i>File</i> Hasil Ekstraksi Fitur	99
Gambar 4.4 <i>File</i> Hasil Kategori Fitur	101
Gambar 4.5 <i>File</i> Hasil <i>Mapping</i> FFM Terhadap Hasil Ekstraksi Fitur	102
Gambar 5.1 <i>Confusion Matrix</i> (<i>split-test</i> 50:50)	108
Gambar 5.2 Plot Hasil Akurasi Maksimal Terhadap Nilai K (<i>split-test</i> 50:50)..	108
Gambar 5.3 <i>Confusion Matrix</i> (<i>split-test</i> 35:65)	112
Gambar 5.4 Plot Hasil Akurasi Maksimal Terhadap Nilai K (<i>split-test</i> 35:65)..	112
Gambar 5.5 <i>Confusion Matrix</i> (<i>split-test</i> 20:80)	116
Gambar 5.6 Plot Hasil Akurasi Maksimal Terhadap Nilai K (<i>split-test</i> 20:80)..	116
Gambar 5.7 <i>Confusion Matrix</i> (<i>split-test</i> 50:50)	120
Gambar 5.8 Plot Hasil Akurasi Maksimal Terhadap Nilai K (<i>split-test</i> 50:50)..	120
Gambar 5.9 <i>Confusion Matrix</i> (<i>split-test</i> 35:65)	124

Gambar 5.10 Plot Hasil Akurasi Maksimal Terhadap Nilai K (<i>split-test</i> 35:65)	124
Gambar 5.11 <i>Confusion Matrix</i> (<i>split-test</i> 20:80)	128
Gambar 5.12 Plot Hasil Akurasi Maksimal Terhadap Nilai K (<i>split-test</i> 20:80)	128
Gambar 5.13 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>neuroticism</i> (IAM database)	136
Gambar 5.14 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>openness to experience</i> (IAM database)	136
Gambar 5.15 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>extroversion</i> (IAM database)	137
Gambar 5.16 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>agreeableness</i> (IAM database)	138
Gambar 5.17 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>concienciousness</i> (IAM database)	139
Gambar 5.18 Analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>neuroticism</i> (IAM)	139
Gambar 5.19 Analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>openness to experience</i> (IAM)	140
Gambar 5.20 Analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>extroversion</i> (IAM)	141
Gambar 5.21 Analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>agreeableness</i> (IAM)	141
Gambar 5.22 Analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>concienciousness</i> (IAM)	142
Gambar 5.23 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>neuroticism</i> (CVL database)	149
Gambar 5.24 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>openness to experience</i> (CVL database)	150
Gambar 5.25 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>extroversion</i> (CVL database)	151
Gambar 5.26 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>agreeableness</i> (CVL database)	152
Gambar 5.27 Grafik nilai keseluruhan dari hasil <i>classification report</i> , <i>k-fold</i> (<i>k=10</i>), MAE, dan RSME untuk model <i>concienciousness</i> (CVL database)	153
Gambar 5.28 pohon analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>neuroticism</i> (CVL)	153
Gambar 5.29 pohon analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>openness to experience</i> (CVL)	154
Gambar 5.30 Pohon analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>extroversion</i> (CVL)	154
Gambar 5.31 Pohon analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>agreeableness</i> (CVL)	155
Gambar 5.32 pohon analisis <i>decision tree</i> untuk kelas <i>concienciousness</i> (CVL)	155

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Literature Review</i>	16
Tabel 2.2 <i>Database Tulisan Tangan</i>	21
Tabel 2.3 Otomatisasi Grafologi Ditinjau dari <i>Database</i> Yang Digunakan	22
Tabel 2.4 Perbandingan Teknik <i>Preprocessing</i> Pada Otomasi Grafologi	33
Tabel 2.5 Fitur Grafologi Beserta Keterkaitannya Dengan Kepribadian.....	36
Tabel 2.6 Pendekatan Algoritma <i>Image Processing</i> Pada Ekstraksi Fitur.....	39
Tabel 2.7 Metode Klasifikasi dalam Otomatisasi Grafologi.....	51
Tabel 2.8 <i>Confusion Matrix</i>	53
Tabel 2.9 <i>Classification Report</i>	54
Tabel 3.1 Komparasi Database Tulisan Tangan	65
Tabel 3.2 Kategori Fitur Tulisan Tangan dan Keterkaitannya.....	85
Tabel 3.3 <i>Mapping</i> FFM Berdasarkan Fitur Grafologi	88
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Terhadap Fitur Baris Dasar.....	93
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Terhadap Fitur Ukuran Huruf	94
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Terhadap Fitur Spasi Antar Baris	95
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Terhadap Fitur Spasi Antar Kata	96
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Terhadap Fitur Margin Atas	96
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Terhadap Fitur Sudut Kemiringan	98
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Terhadap Fitur Tekanan Pena.....	99
Tabel 4.8 Korelasi fitur-fitur tulisan tangan terhadap the big five model.....	100
Tabel 5.1 <i>Neuroticism Classification Report (50:50)</i>	105
Tabel 5.2 <i>Openness to Experience Classification Report (50:50)</i>	105
Tabel 5.3 <i>Extroversion Classification Report (50:50)</i>	106
Tabel 5.4 <i>Agreeableness Classification Report (50:50)</i>	106
Tabel 5.5 <i>Concienciousness Classification Report (50:50)</i>	107
Tabel 5.6 <i>Neuroticism Classification Report (35:65)</i>	109
Tabel 5.7 <i>Openness to Experience Classification Report (35:65)</i>	109
Tabel 5.8 <i>Extroversion Classification Report (35:65)</i>	110
Tabel 5.9 <i>Agreeableness Classification Report (35:65)</i>	110
Tabel 5.10 <i>Concienciousness Classification Report (35:65)</i>	111
Tabel 5.11 <i>Neuroticism Classification Report (20:80)</i>	113
Tabel 5.12 <i>Openness to Experience Classification Report (20:80)</i>	113
Tabel 5.13 <i>Extroversion Classification Report (20:80)</i>	114
Tabel 5.14 <i>Agreeableness Classification Report (20:80)</i>	114
Tabel 5.15 <i>Concienciousness Classification Report (20:80)</i>	115
Tabel 5.16 <i>Neuroticism Classification Report (50:50)</i>	117
Tabel 5.17 <i>Openness to Experience Classification Report (50:50)</i>	118
Tabel 5.18 <i>Extroversion Classification Report (50:50)</i>	118
Tabel 5.19 <i>Agreeableness Classification Report (50:50)</i>	119
Tabel 5.20 <i>Concienciousness Classification Report (50:50)</i>	119

Tabel 5.21 <i>Neuroticism Classification Report (35:65)</i>	121
Tabel 5.22 <i>Openness to Experience Classification Report (35:65)</i>	122
Tabel 5.23 <i>Extroversion Classification Report (35:65)</i>	122
Tabel 5.24 <i>Agreeableness Classification Report (35:65)</i>	123
Tabel 5.25 <i>Concienciousness Classification Report (35:65)</i>	123
Tabel 5.26 <i>Neuroticism Classification Report (20:80)</i>	125
Tabel 5.27 <i>Openness to Experience Classification Report (20:80)</i>	126
Tabel 5.28 <i>Extroversion Classification Report (20:80)</i>	126
Tabel 5.29 <i>Agreeableness Classification Report (20:80)</i>	127
Tabel 5.30 <i>Concienciousness Classification Report (20:80)</i>	127
Tabel 5.31 <i>Output dengan K-Fold CV (IAM database)</i>	130
Tabel 5.32 <i>Output dengan K-Fold CV (CVL database)</i>	143
Tabel 5.33 <i>Perbandingan dengan penelitian sebelumnya</i>	158

BAB 1

PENDAHULUAN

Setiap orang memiliki kepribadian yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya dan dapat diidentifikasi melalui atribut-atribut yang ada di tulisan tangan. Ilmu yang mempelajari kepribadian seseorang melalui tulisan tangan disebut dengan analisis tulisan tangan atau yang lebih dikenal dengan grafologi. Grafologi dapat mengidentifikasi dan memprediksi kepribadian seseorang dengan menemukan pola-pola dari tulisan tangan tersebut yang menyediakan informasi penting tentang mental, fisik, keadaan emosional, dan tingkah laku dari penulis [1]. Analisis tulisan tangan dapat dilakukan dengan mengekstraksi fitur-fitur yang menginterpretasikan kepribadian seseorang menggunakan prinsip-prinsip grafologi. Grafologi memiliki ruang lingkup yang luas dalam pengaplikasiannya dalam berbagai bidang yang meliputi perekrutan dan penempatan karyawan, penentuan minat dan bakat, diagnosa medis, forensik, dan psikologi.

Seiring kemajuan zaman, perkembangan grafologi berubah ke arah komputerisasi dan menjadi area penelitian tersendiri saat ini. Masalah mendasar dalam otomatisasi grafologi adalah bagaimana menentukan kepribadian seseorang melalui tulisan tangan digital menggunakan prinsip-prinsip grafologi. Pemilihan teknik, model-model pendekatan, dan algoritma ekstraksi fitur yang tepat dalam setiap tahapan pemrosesan menjadi sangat krusial dan memberikan tantangan tersendiri untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam mengidentifikasi kepribadian seseorang melalui ekstraksi fitur-fitur yang ada di tulisan tangan [1].

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan teknik-teknik pengolahan citra [2]–[5], seperti teknik-teknik *noise removal*, *thresholding*, serta algoritma-algoritma ekstraksi fiturnya.

1.1 Latar Belakang Masalah

Penelitian pertama kali yang membahas otomatisasi *grafologi* dan disebut dengan *Computer-Aided Graphology* menggunakan prinsip-prinsip pengenalan pola yang terdiri dari tiga tahapan utama, antara lain: tahapan *pre-processing*, tahapan ekstraksi fitur-fitur tulisan tangan, dan tahapan analisis klasifikasi terhadap fitur-fitur yang telah diekstraksi [6]. Dari tahapan-tahapan tersebut, menjadi suatu model atau pendekatan yang tidak dapat terpisahkan dalam membangun suatu otomatisasi *grafologi*. Setelah itu, otomatisasi *grafologi* berkembang pesat dan menjadi area penelitian tersendiri untuk menentukan kepribadian seseorang melalui tulisan tangan.

Dalam *grafologi*, ada 2 (dua) teknik atau pendekatan yang digunakan, yaitu: pendekatan Jerman (*German Approach*) dan pendekatan Prancis (*French Approach*) [7], [8]. Dalam pendekatan Jerman, penentuan kepribadian seseorang dilihat sebagai satu kesatuan utuh dokumen, seperti, mengidentifikasi garis dasar tulisan (*baseline*), margin tulisan (*margin*), tekanan pena (*pen pressure*), ukuran huruf (*size of letter*), kemiringan tulisan (*slant*), dan spasi (*spacing*) [2], [9], [10]. Sedangkan dalam pendekatan Prancis, penentuan kepribadian seseorang berdasarkan dokumen tulisan tangan yang dipecah menjadi komponen-komponen

karakter (huruf) secara individu, seperti: penentuan kepribadian berdasarkan huruf ‘i’, ‘t’, ‘y’, ‘f’, dan lain sebagainya [11]–[13].

Meskipun telah banyak dikembangkan berbagai model dan pendekatan dalam penelitian yang berhubungan dengan otomatisasi *grafologi*, namun masih terdapat banyak kendala yang dihadapi hingga saat ini seperti: pemilihan teknik-teknik *pre-processing* dalam mengolah data digital tulisan tangan, algoritma pengolahan citra untuk mengekstraksi fitur-fitur tulisan tangan, dan teknik-teknik klasifikasi yang tepat untuk mendapatkan akurasi yang maksimal dari setiap pemodelan yang dibangun.

Pada tahapan *pre-processing*, yang paling utama adalah bagaimana menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan penghilang derau (*noise removal*) dan binerisasi (*thresholding*) dari citra digital tulisan tangan. Penghilang derau (*noise removal*) umumnya digunakan untuk menghaluskan citra yang dihasilkan pada saat proses pemindaian (*scanning*) citra. Beberapa peneliti menggunakan *median filter* sebagai teknik *filtering* untuk menghilangkan *salt and pepper noise* yang dihasilkan pada saat pemindaian [14], [15]. Dalam teknik binerisasi, beberapa peneliti menggunakan Otsu *thresholding* yang digunakan untuk melakukan konversi dari citra drajat keabuan (*grayscale*) ke dalam citra biner [16]–[19]. Teknik binerisasi ini sangat berguna terutama untuk memisahkan lapisan depan (*foreground layer*) dari citra dokumen tulisan tangan yang mengandung informasi (teks tulisan tangan) dari lapisan dalam citra (*background layer*) yang mengandung derau (*noise*) yang nantinya akan dipakai dalam mengekstraksi fitur tekanan pena (*pen pressure*).

Pada tahapan ekstraksi fitur tulisan tangan, beberapa penelitian menggunakan algoritma dan teknik-teknik pengolahan citra. Dalam penelitian [3], [20], menggunakan *skew normalization technique* untuk menentukan kecondongan baris dasar (*baseline*) apakah menaik atau menurun dan juga sudut kemiringan (*slant angle*). Dalam penelitian [21], mengusulkan suatu teknik yang bernama *projection histogram method* untuk menentukan sudut kemiringan dari garis dasar (*baseline*) dan teknik binerisasi (*thresholding*) dalam menentukan tekanan pena (*pen pressure*). Berbeda dengan penelitian [22], untuk menentukan kemiringan dari suatu karakter menggunakan *projection method* yang dipadukan dengan *discrete fourier transform* dalam hal kalkulasinya. Dalam penelitian [23], mengusulkan suatu teknik yang disebut sebagai citra morfologi dan *bounding box technique* untuk menentukan kepribadian seseorang berdasarkan fitur margin dan spasi. *Template matching* juga digunakan dalam menganalisis fitur-fitur yang ada pada tulisan tangan, terutama untuk menentukan kepribadian seseorang dilihat dari karakter-karakter huruf seperti huruf 'i', 't', 'y', 'f' dengan menggunakan konsep similaritas [5], [12], [18], [19], [24], [25]. Kelemahan dari teknik *template matching* ini membutuhkan proses komputasi yang tinggi karena membutuhkan banyak *template* untuk dicocokkan similaritasnya.

Pada tahapan klasifikasi, untuk dapat memprediksi kepribadian seseorang berdasarkan fitur-fitur tulisan tangan, dapat digunakan pendekatan pembelajaran mesin (*machine learning*) seperti: *K-Nearest Neighbors* (K-NN) [24], *Support Vector Machine* (SVM) [2], [9], [10], [18], [25]–[30], *Naïve-Bayes* [25], *Random Forest* [25], *Artificial Neural Networks* (ANN) [10]–[12], [18], [19], *Rule-based*

System [23], *Fuzzy System* [31]–[34], dan *Convolutional Neural Network* [13], [35], [36]. dari beberapa teknik klasifikasi tersebut, tingkat akurasi tertinggi didapat dengan menggunakan SVM dengan 98 %, tetapi hanya dilakukan untuk mengklasifikasi satu fitur, yaitu baris dasar (*baseline*) [10]. Sedangkan klasifikasi SVM dengan menggunakan 4 (empat) fitur tulisan tangan didapat sebesar 97 % [25].

Beberapa penelitian menerapkan teknik pengukuran psikologi kepribadian berdasarkan pemetaan dan kombinasi dari beberapa fitur tulisan tangan, seperti *the big five model (Five Factor Model)* dan dilakukan klasifikasi dengan teknik *Feed Forward Neural Network (FFNN)* serta *Template Matching* [19], teknik pengukuran psikologi seperti *Myer-Briggs Type Indicators (MBTI)* dan kombinasi klasifikasi ANN, SVM, *Template matching*, serta KNN [18], dan juga metode psikologi kepribadian seperti *enneagram* dikombinasi dengan teknik klusterisasi C-Mean [31].

Kepribadian FFM merupakan seperangkat lima dimensi sifat kepribadian yang luas, sering disebut sebagai "Model Lima Besar (*the big five model*)", yang terdiri dari keterbukaan terhadap pengalaman (*openness to experience*), ketelitian (*conscientiousness*), ekstrasversi (*extraversion*), keramahan (*agreeableness*), dan neurotisme (*neuroticism*) [37]. Penerapan *the big five model* secara konsisten terasosiasi pengembangan karir dan kecakapan dalam bekerja [7], melakukan analisis dalam bidang perilaku finansial [38], rekrutmen karyawan [39], maupun dalam keharmonisan dalam hubungan keluarga [40]. *The big five model* ini

diklaim lebih baik dari beberapa model pengukuran psikologi lainnya seperti MBTI [41].

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian disertasi ini menyajikan suatu *framework* klasifikasi psikologi dari kepribadian seseorang melalui tulisan tangan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra (*image Processing*) dan pembelajaran mesin (*machine learning*). Arsitektur Model yang disajikan mulai dari tahapan *pre-processing* menggunakan *bilateral filter* sebagai *noise removal* [42], *inverted global thresholding* untuk binerisasi citra [43], dan teknik segmentasi dan normalisasi yang meliputi: dilasi [44], kontur, dan transformasi *warp affine* [45], dimana sudut hasil normalisasi tersebut akan digunakan untuk menentukan baris dasar (*baseline*). Selanjutnya dalam tahapan ekstraksi fitur tulisan tangan, menyajikan algoritma-algoritma ekstraksi dengan menggunakan *OpenCV library* untuk menentukan 7 fitur, antara lain: baris dasar (*baseline*), margin atas (*top margin*), spasi diantara baris (*space between lines*), spasi diantara kata (*space between words*), ukuran huruf (*size of letter*), kemiringan (*slant*), dan tekanan pena (*pen pressure*). Kemudian, tahapan klasifikasi menyajikan pengelompokan psikologi kepribadian seseorang berdasarkan hasil ekstraksi tulisan tangan. Dalam tahapan klasifikasi ini, terdiri dari 3 langkah, pertama yaitu menetapkan *decision rules* untuk masing-masing kelas pada setiap fitur, kedua yaitu melakukan pemetaan (*mapping*) fitur-fitur untuk identifikasi psikologi dengan menerapkan metode psikologi kepribadian *the big five model*, dan ketiga yaitu melakukan klasifikasi dengan pendekatan pembelajaran mesin terhadap hasil pemetaan identifikasi psikologi tersebut.

1.2 Pernyataan Masalah

Meskipun pada penelitian-penelitian terdahulu telah diusulkan banyak metode dan teknik yang digunakan dalam otomatisasi grafologi, dan telah menunjukkan performa yang baik, namun demikian masih terdapat beberapa isu terkait model yang dibangun, dimulai dari tahapan *preprocessing*, ekstraksi fitur tulisan tangan, dan pengklasifikasian kepribadian melalui tulisan tangan. Dari hasil studi penelitian-penelitian yang telah dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut, disimpulkan beberapa peluang diantaranya: (i) adanya celah penggunaan teknik filterisasi citra dengan menggunakan *bilateral filtering*, binerisasi dengan *inverted global thresholding*, segmentasi dan normalisasi menggunakan teknik dilasi, kontur, transformasi *affine*, dan teknik *deslanting*; (ii) ekstraksi fitur-fitur tulisan tangan menggunakan pendekatan pemrosesan citra; (iii) klasifikasi kepribadian masih terfokus pada klasifikasi masing-masing fitur; (iv) masih terdapat ruang eksplorasi terhadap hasil klasifikasi kepribadian dengan menggunakan metode pengukuran psikologi *the big five model* dengan menggunakan pendekatan pembelajaran mesin. Mengacu pada peluang tersebut perlu dilakukan perancangan suatu model/ *framework* yang mampu menganalisis psikologi dari kepribadian seseorang berdasarkan citra tulisan tangan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra dan pembelajaran mesin.

Oleh karena itu, fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menjawab pertanyaan berikut:

“Bagaimana meningkatkan akurasi pada pengklasifikasian psikologi dari kepribadian seseorang berdasarkan citra tulisan tangan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra dan pembelajaran mesin?”

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana membangun suatu *framework* baru yang handal dalam mengklasifikasi psikologi dari kepribadian seseorang berdasarkan kelas-kelas yang ada di *the big five model* melalui citra tulisan tangan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra dan pembelajaran mesin?
- b. Bagaimana meningkatkan performa klasifikasi dari *framework* yang dibangun psikologi dalam menentukan kepribadian seseorang berdasarkan kelas-kelas yang ada di *the big five model* melalui citra tulisan tangan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra dan pembelajaran mesin?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk meningkatkan akurasi pada pengklasifikasian psikologi dari kepribadian seseorang berdasarkan *the big five model* melalui citra tulisan tangan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra dan pembelajaran mesin. Untuk mencapai maksud tersebut, maka beberapa isu perlu dilakukan pengamatan dan dianalisa sebagai berikut:

- a. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu *framework* baru yang handal dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra dan pembelajaran mesin, sehingga dapat mengklasifikasi psikologi dari kepribadian seseorang berdasarkan kelas-kelas yang ada di *the big five model*.
- b. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengujian dan evaluasi terhadap *framework* baru dalam mengklasifikasi psikologi dari kepribadian seseorang berdasarkan kelas-kelas yang ada di *the big five model* melalui citra tulisan tangan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra dan pembelajaran mesin.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian antara lain:

- a. Penelitian ini fokus pada perancangan *framework* baru dalam menentukan aspek psikologi kepribadian seseorang berdasarkan citra tulisan tangan dengan pendekatan teknik-teknik pengolahan citra pada tahapan *pre-processing* dan ekstraksi fitur, sedangkan klasifikasi menggunakan algoritma pembelajaran mesin khususnya algoritma SVM, KNN, dan *Decision tree*.
- b. Menggunakan 2 (dua) *database* tulisan tangan publik sebagai sumber data, yaitu: IAM handwriting *database* [46] dan CVL *database* [47].
- c. Pendekatan *pre-processing* yang digunakan antara lain: filtrasi citra (*bilateral filtering*), binerisasi (*global thresholding*), dan normalisasi (dilasi, kontur, dan transformasi *affine*).

- d. Menggunakan pendekatan Jerman (*German Approach*) dalam mengekstraksi fitur-fitur untuk mengidentifikasi kepribadian seseorang berdasarkan tulisan tangannya.
- e. Fitur-fitur tulisan tangan menggunakan 7 (tujuh) fitur, antara lain: baris dasar (*baseline*), margin atas (*top margin*), spasi diantara baris (*space between lines*), spasi diantara kata (*space between words*), ukuran huruf (*size of letter*), kemiringan (*slant*), dan tekanan pena (*pen pressure*).
- f. Metode pengukuran psikologi yang digunakan adalah *the Big Five Model* (FFM).
- g. Menggunakan Bahasa pemrograman *python 3*, *OpenCV library* untuk pengolahan citra, dan *scikit learn library* untuk pembelajaran mesin.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dan kontribusi yang diharapkan dari hasil penelitian disertasi ini bagi komunitas ilmiah adalah sebagai berikut:

- (1) Mengusulkan suatu kerangka kerja (*framework*) untuk menentukan kepribadian seseorang berdasarkan kepribadian *the big five model* melalui citra tulisan tangan menggunakan pengolahan citra dan pendekatan pembelajaran mesin.
- (2) Dari kerangka kerja (*framework*) yang diusulkan, akan dibuktikan bahwa model tersebut sangat efektif dan menghasilkan hasil akurasi yang sangat baik dalam menentukan kepribadian seseorang berdasarkan citra tulisan tangan.

Kebaruan (*novelty*) dari penelitian disertasi ini adalah menyajikan suatu *framework* yang handal dalam mengidentifikasi kepribadian seseorang berdasarkan *the big five model*. Pemrosesan awal menjadi faktor penting dalam membangun *framework* ini. Salah satunya yaitu teknik *inverted global thresholding*, yang digunakan dalam mengekstraksi fitur *pen pressure*, *bilateral filtering*, transformasi *affine* yang digunakan dalam mengekstrak *baseline*, dan teknik *deslanting* untuk mengekstrak fitur *slant*. Hasil dari ekstraksi fitur ini dikorelasikan dengan melakukan mapping terhadap 5 (lima) kelas yang ada di *the big five model* dan dilakukan pengklasifikasian dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin. Dalam penelitian [19], menyajikan arsitektur identifikasi kepribadian berdasarkan *the big five model*. Arsitektur yang dibangun terlalu kompleks dimana setiap *layer* dilakukan pelatihan. Untuk melakukan isolasi terhadap karakter huruf pada *layer* yang pertama menggunakan algoritma *template matching*, kelemahan dari *template matching* ini tentunya membutuhkan citra template yang banyak untuk menunjang hasil akurasi. Pada *layer* yang terakhir dilakukan klasifikasi dengan menggunakan algoritma FFNN dengan akurasi akhir sebesar 84.4 %. Dalam penelitian [48], menyajikan arsitektur identifikasi kepribadian yang berbasis *the big five model* dengan menggunakan algoritma *deep learning*. Arsitektur yang berbasis *deep learning* tentunya memiliki proses yang lama dalam pelatihannya dan memiliki *resource* yang besar. Dalam proses ekstraksinya, algoritma *gradient boosting* tidak dapat memberikan hasil yang maksimal yang dibuktikan dengan akurasi yang hanya sebesar 65 %.

Berikutnya pada penelitian [49], melakukan penelitian dalam membangun *framework* untuk *the big five model* dengan metode *graph based representation* yang berbasis dari teknik *otsu thresholding*. Berdasarkan eksperimen yang dihasilkan dengan menggunakan pembelajaran *semi-supervised*, akurasi yang dihasilkan sebesar 91.30 %.

Selain itu, penelitian ini diharapkan juga memberikan kontribusi ilmiah bagi penelitian-penelitian yang berhubungan dengan otomatisasi grafologi, karena dalam penelitian sejenis belum ditemukannya penggunaan teknik *bilateral filtering*, teknik binerisasi dengan *inverted global thresholding*, segmentasi dan normalisasi dengan menggunakan teknik dilasi, kontur, transformasi *affine*, dan teknik *deslanting*.

Selanjutnya penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak *graphologist* dalam melakukan pengklasifikasian kepribadian seseorang berdasarkan tulisan tangan dengan lebih efisien, waktu yang singkat, dan lebih akurat.

1.6 Sistematika Penulisan

Disertasi ini membahas tentang model psikologi dari kepribadian seseorang berdasarkan citra tulisan tangan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra dan pembelajaran mesin. Penelitian disertasi ini terdiri dari 6 (enam) Bab. Untuk memperlihatkan kelayakan disertasi ini, disajikan pendekatan yang digunakan pada setiap tahapan proses, mulai dari tahapan *pre-precessing*, ekstraksi fitur-fitur tulisan tangan, dan hasil prediksi kepribadian seseorang (klasifikasi). Kemudian dijelaskan bagaimana membangun model dan melakukan pengujian melalui

eksperimen dataset tulisan tangan, dengan mempertimbangkan pendekatan pengolahan citra, algoritma ekstraksi, dan algoritma klasifikasi yang efektif dan efisien untuk mencapai performa yang handal. Berikut dipaparkan *outline* disertasi.

BAB I secara umum dipaparkan isu tentang otomatisasi grafologi. Bab I ini secara jelas memaparkan beberapa isu yang berkaitan dengan masalah otomatisasi grafologi, peluang-peluang penelitian yang ada, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, manfaat penelitian termasuk novelty maupun kontribusi penelitian ini terhadap ilmu pengetahuan.

BAB II memaparkan hasil telaah beberapa penelitian terkait otomatisasi grafologi yang terdahulu. Telaah ini terdiri atas pengenalan grafologi, teknik-teknik *preprocessing* seperti: bilateral filter, *thresholding*, normalisasi, fitur-fitur tulisan tangan pada grafologi, metode pengukuran psikologi kepribadian berdasarkan tulisan tangan, teknik pengklasifikasian dengan pembelajaran mesin.

BAB III menyajikan metodologi penelitian, yang menggambarkan kerangka dan rencana kerja penelitian secara keseluruhan. Pada Bab ini dipaparkan pendekatan berupa kerangka kerja yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian, meliputi: pengantar, kerangka penelitian, desain penelitian, rancangan eksperimen, serta kesimpulan. Alat bantu pengujian dan analisis juga dijelaskan pada bab ini.

BAB IV menyajikan hasil dari proses ekstraksi fitur-fitur tulisan tangan berdasarkan metode-metode yang diusulkan, meliputi: hasil pengolahan dataset mentah (*raw dataset*), proses filterisasi citra dan binerisasi, hasil dari penggunaan algoritma ekstraksi fitur, dan proses *labeling* dataset dengan *decision rules*.

BAB V menyajikan hasil percobaan dan pengujian, yang meliputi pemetaan berdasarkan pengukuran metode *Big Five Model* (FFM) terhadap dataset yang telah dilabel. Selain Bab ini dipaparkan pengujian klasifikasi terhadap model yang ada untuk menentukan metode yang tepat. Tujuan percobaan ini adalah untuk melihat performansi dari model dengan metode *Big Five Model* (FFM).

BAB VI menyajikan suatu kesimpulan akhir dari penelitian ini yang menjabarkan performansi terbaik dari metode yang digunakan. Bab ini juga menyajikan saran dari peneliti untuk perkembangan penelitian ke depannya yang berhubungan dengan otomatisasi grapologi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Mukherjee and I. De, "Feature extraction from handwritten documents for personality analysis," in *2016 International Conference on Computer, Electrical and Communication Engineering, ICCECE 2016*, 2016.
- [2] S. Hashemi, B. Vaseghi, and F. Torgheh, "Graphology for Farsi Handwriting Using Image Processing Techniques," *IOSR J. Electron. Commun. Eng. Ver. I*, vol. 10, no. 3, pp. 2278–2834, 2015.
- [3] S. Nagar, S. Chakraborty, A. Sengupta, J. Maji, and R. Saha, "An efficient method for character analysis using space in handwriting image," in *Proceedings - 2016 6th International Symposium on Embedded Computing and System Design, ISED 2016*, 2016, pp. 210–216.
- [4] A. Bal and R. Saha, "An Efficient Method for Skew Normalization of Handwriting Image," in *In 6th IEEE International Conference on Communication Systems and Network Technologies*, 2016, pp. 222–228.
- [5] A. Sen and H. Shah, "Automated Handwriting Analysis System using Principles of Graphology and Image Processing," in *ICIIECS*, 2017.
- [6] G. Sheikholeslami, S. N. Srihari, and V. Govindaraju, "Computer Aided Graphology," State University of New York at Buffalo, 1995.
- [7] S. H. Ow, K. S. Teh, and L. Y. Yee, "An Overview on the Use of Graphology as a Tool for Career Guidance," *Chiang Mai Univ. J. Nat. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 91–104, 2005.
- [8] K. Chaudhari and A. Thakkar, "Survey on handwriting-based personality trait identification," *Expert Syst. Appl.*, vol. 124, pp. 282–308, 2019.
- [9] A. M. Bobade and P. N. N. Khalsa, "Character Revealing Handwriting Analysis based on Segmentation method using Support Vector Machine," *Int. J. Electron. Commun. Soft Comput. Sci. Eng.*, pp. 203–207, 2015.
- [10] S. Asra and S. D.C, "Personality Trait Identification Using Unconstrained Cursive and Mood Invariant Handwritten Text," *Int. J. Educ. Manag. Eng.*, vol. 5, no. 5, pp. 20–31, 2015.
- [11] E. C. Djamal and Febriyanti, "Identification of speed and unique letter of handwriting using wavelet and neural networks," in *International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, 2015, vol. 2, no. August, pp. 74–78.
- [12] M. Gavrilescu, "Study on determining the Myers-Briggs personality type based on individual's handwriting," in *The 5th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2015*, 2015.
- [13] S. H. Fatimah, E. C. Djamal, R. Ilyas, and F. Renaldi, "Personality features identification from handwriting using convolutional neural networks," in *4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE*, 2019, vol. 6, pp. 119–124, doi: 10.1109/ICITISEE48480.2019.9003855.
- [14] M. H. Suid, M. F. M. Jusof, and M. A. Ahmad, "Dual sliding statistics switching median filter for the removal of low level random-valued impulse noise," *J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 1383–1391, 2018.

- [15] B. Karthik, T. Krishna Kumar, S. P. Vijayaragavan, and M. Sriram, "Removal of high density salt and pepper noise in color image through modified cascaded filter," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, pp. 1–8, 2020.
- [16] N. Otsu, "Threshold Selection Method From Gray-Level Histograms," *IEEE Trans Syst Man Cybern*, vol. SMC-9, no. 1, pp. 62–66, 1979.
- [17] N. Paul and H. Tunga, "An Improved Method for Document Image Binarization," *Natl. Conf. Recent Innov. Comput. Sci. Commun.*, no. July, pp. 1–6, 2016.
- [18] M. Gavrilescu, "3-Layer architecture for determining the personality type from handwriting analysis by combining neural networks and Support Vector Machines," *UPB Sci. Bull. Ser. C Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 79, no. 4, pp. 135–152, 2017.
- [19] M. Gavrilescu and N. Vizireanu, "Predicting the Big Five personality traits from handwriting," *EURASIP J. Image Video Process.*, 2018.
- [20] A. Bal and R. Saha, "An improved method for text segmentation and skew normalization of handwriting image," *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 518, pp. 181–196, 2018.
- [21] A. Bal and R. Saha, "An Improved Method for Handwritten Document Analysis using Segmentation , Baseline Recognition and Writing Pressure Detection," in *Procedia Computer Science*, 2016, vol. 93, pp. 403–415.
- [22] R. Latypov and E. Stolov, "A New Method for Slant Calculation in Off-Line Handwriting Analysis," *2018 41st Int. Conf. Telecommun. Signal Process. TSP 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/TSP.2018.8441457.
- [23] V. Bhade and T. Baraskar, "A model for determining personality by analyzing off-line handwriting," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, vol. 705, pp. 345–354.
- [24] P. Joshi, A. Agarwal, A. Dhavale, R. Suryavansi, and S. Kodolikar, "Handwriting Analysis for Detection of Personality Traits using Machine Learning Approach," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 130, no. 15, pp. 40–45, 2015.
- [25] P. Joshi, P. Ghaskadbi, and S. Tendulkar, "A Machine Learning Approach to Employability Evaluation Using Handwriting Analysis," in *ICAICR*, 2018, pp. 253–263.
- [26] S. Asra and S. D.C, "Human Behavior Recognition based on Hand Written Cursives by SVM Classifier," in *2017 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer and Optimization Techniques (ICEECCOT) Human*, 2017, pp. 260–268.
- [27] W. Wijaya, H. Tolle, and F. Utaminingrum, "Personality Analysis through Handwriting Detection Using Android Based Mobile Device," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 114–128, 2018.
- [28] S. Nag, P. Shivakumara, Y. Wu, U. Pal, and T. Lu, "New COLD feature based handwriting analysis for ethnicity/nationality identification," *Proc. Int. Conf. Front. Handwrit. Recognition, ICFHR*, vol. 2018-Augus, pp. 523–527, 2018.
- [29] A. Chitlangia and G. Malathi, "Handwriting Analysis based on Histogram of Oriented Gradient for Predicting Personality traits using SVM," *Procedia*

- Comput. Sci.*, vol. 165, no. 2019, pp. 384–390, 2019.
- [30] S. Ghosh, P. Shivakumara, P. Roy, U. Pal, and T. Lu, “Graphology based Handwritten Character Analysis for Human Behavior Identification,” *CAAI Trans. Intell. Technol.*, vol. 5, pp. 55–65, 2020.
- [31] D. Pratiwi, G. Budi, and F. Hana, “Personality Type Assessment System by using Enneagram-Graphology Techniques on Digital Handwriting,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 147, no. 11, pp. 9–13, 2016.
- [32] K. N. Lakshmi, A. Keerthana, and P. R. Lakshmi, “Handwriting Analysis Based Human Personality Prediction Using Sugeno Fuzzy Model,” *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 8, no. 5, pp. 105–110, 2017.
- [33] R. Kumar, K. K. Ravulakollu, and R. Bhat, “Fuzzy-Membership based writer identification from handwritten devnagari script,” *J. Inf. Process. Syst.*, vol. 13, no. 4, pp. 893–913, 2017.
- [34] L. S. Riza, A. Zainafif, Rasim, and S. Nazir, “Fuzzy rule-based classification systems for the gender prediction from handwriting,” *Telkomnika*, vol. 16, no. 6, pp. 2725–2732, 2018.
- [35] N. Lemos, K. Shah, R. Rade, and D. Shah, “Personality Prediction based on Handwriting using Machine Learning,” in *International Conference on Computational Techniques, Electronics and Mechanical Systems*, 2018, pp. 110–113.
- [36] D. Sony and R. Sawant, “Identifying Human Behavior Characteristics using Handwriting Analysis,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 06, no. 04, pp. 4436–4439, 2019.
- [37] P. Hima and M. Shanmugam, *Big-Five Personality Traits Based on Four Main Methods*, vol. 1037. Springer Singapore, 2019.
- [38] S. Thomas, M. Goel, and D. Agrawal, “A framework for analyzing financial behavior using machine learning classification of personality through handwriting analysis,” *J. Behav. Exp. Financ.*, vol. 26, p. 100315, 2020, doi: 10.1016/j.jbef.2020.100315.
- [39] E. Dimitriou and M. Galanakis, “Organizational Psychology Re-Invented—The Big Five Personality Traits Model as a Reliable Behavior Framework in the Workplace,” *Psychology*, vol. 13, no. 05, pp. 798–804, 2022, doi: 10.4236/psych.2022.135053.
- [40] D. J. Ozer and V. Benet-Martínez, “Personality and the prediction of consequential outcomes,” *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 57, pp. 401–421, 2006, doi: 10.1146/annurev.psych.57.102904.190127.
- [41] F. Celli and B. Lepri, “Is Big Five better than MBTI?,” *Proc. Fifth Ital. Conf. Comput. Linguist. CLiC-it 2018*, vol. 2018, no. December 2018, pp. 93–98, 2019, doi: 10.4000/books.aaccademia.3147.
- [42] K. N. Chaudhury and S. D. Dabhade, “Fast and provably accurate bilateral filtering,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 25, no. 6, pp. 2519–2528, 2016, doi: 10.1109/TIP.2016.2548363.
- [43] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and B. R. Masters, *Digital Image Processing*, Third Edit. Pearson Education International, 2007.
- [44] S. Matuska, R. Hudec, and M. Benco, “The comparison of CPU time consumption for image processing algorithm in Matlab and OpenCV,” *Proc.*

- 9th Int. Conf. ELEKTRO 2012, pp. 75–78, 2012, doi: 10.1109/ELEKTRO.2012.6225575.
- [45] C. Bauckhage, “NumPy / SciPy Recipes for Image Processing: Affine Image Warping,” *researchgate.net*, no. November, 2018, doi: 10.13140/RG.2.2.29805.44004.
- [46] U.-V. Marti and H. Bunke, “The IAM-database: an English sentence database for offline handwriting recognition,” *Int. J. Doc. Anal. Recognit.*, vol. 5, no. 1, pp. 39–46, 2002, doi: 10.1007/s100320200071.
- [47] F. Kleber, S. Fiel, M. Diem, and R. Sablatnig, “CVL-database: An off-line database for writer retrieval, writer identification and word spotting,” *Proc. Int. Conf. Doc. Anal. Recognition, ICDAR*, pp. 560–564, 2013, doi: 10.1109/ICDAR.2013.117.
- [48] A. A. Elngar, N. Jain, D. Sharma, H. Negi, A. Trehan, and A. Srivastava, “A deep learning based analysis of the big five personality traits from handwriting samples using image processing,” *J. Inf. Technol. Manag.*, vol. 12, pp. 3–35, 2021, doi: 10.22059/JITM.2020.78884.
- [49] A. U. Rahman and Z. Halim, “Predicting the big five personality traits from hand-written text features through semi-supervised learning,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 81, no. 23, pp. 33671–33687, 2022, doi: 10.1007/s11042-022-13114-5.
- [50] K. Stollznow, “Graphology,” in *Language Myths, Mysteries and Magic*, London: Palgrave Macmillan, 2014, pp. 219–226.
- [51] J. E. Brewer, “Graphology,” *Complement. Ther. Nurs. Midwifery*, vol. 5, no. 1, pp. 6–14, 1999, doi: 10.1016/S1353-6117(99)80065-1.
- [52] D. Połap and M. Woźniak, “Flexible Neural Network Architecture for Handwritten Signatures Recognition,” *Int. J. Electron. Telecommun.*, vol. 62, no. 2, pp. 197–202, 2016, doi: 10.1515/eletel-2016-0027.
- [53] M. Topaloglu and S. Ekmekci, “Gender detection and identifying one’s handwriting with handwriting analysis,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 79, pp. 236–243, 2017, doi: 10.1016/j.eswa.2017.03.001.
- [54] A. R. Pathak, A. Raut, S. Pawar, M. Nangare, H. S. Abbott, and P. Chandak, “Personality analysis through handwriting recognition,” *J. Discret. Math. Sci. Cryptogr.*, vol. 23, no. 1, pp. 19–33, 2020, doi: 10.1080/09720529.2020.1721856.
- [55] L. S. Bernardo, R. Damaševičius, V. H. C. De Albuquerque, and R. Maskeliūnas, “A hybrid two-stage SqueezeNet and support vector machine system for Parkinson’s disease detection based on handwritten spiral patterns,” *Int. J. Appl. Math. Comput. Sci.*, vol. 31, no. 4, pp. 549–561, 2021, doi: 10.34768/amcs-2021-0037.
- [56] A. Barata, H. Akbar, M. Pilliang, and A. Nasihin, “Graphology analysis for detecting hexaco personality and character through handwriting images by using convolutional neural networks and particle swarm optimization methods,” *Int. J. Ind. Optim.*, vol. 3, no. 2, pp. 110–120, 2022, doi: 10.12928/ijio.v3i2.6242.
- [57] G. Chaubey and S. K. Arjaria, *Personality Prediction Through Handwriting Analysis Using Convolutional Neural Networks*, no. January. Springer

- Singapore, 2022.
- [58] V. H. Nhu *et al.*, “Shallow landslide susceptibility mapping: A comparison between logistic model tree, logistic regression, naïve bayes tree, artificial neural network, and support vector machine algorithms,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 8, 2020, doi: 10.3390/ijerph17082749.
- [59] D. Berchmans and S. S. Kumar, “Optical character recognition: An overview and an insight,” in *2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies, ICCICCT 2014*, 2014, pp. 1361–1365, doi: 10.1109/ICCICCT.2014.6993174.
- [60] A. Priya, S. Mishra, S. Raj, S. Mandal, and S. Datta, “Online and offline character recognition: A survey,” in *International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2016*, 2016, pp. 967–970, doi: 10.1109/ICCSP.2016.7754291.
- [61] A. Jailin Reshma, J. Jenushma James, M. Kavya, and M. Saravanan, “An overview of character recognition focused on offline handwriting,” *ARNP J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 15, pp. 9372–9378, 2016.
- [62] A. Sen, H. Shah, J. Lemos, and S. Bhattacharjee, “An Algorithm to Extract Handwriting Feature for Personality Analysis,” in *Proceedings of International Conference on Wireless Communication*, 2018, pp. 323–329.
- [63] K. Yu, J. Epps, and F. Chen, “Mental workload classification via online writing features,” in *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*, 2013, no. August, pp. 1110–1114, doi: 10.1109/ICDAR.2013.225.
- [64] P. Ranjitha and A. Prabhu, “A Review on Challenges and Applications of Digital Graphology,” in *Proceedings of the International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems, ICESC 2020*, 2020, no. Icesc, pp. 368–374, doi: 10.1109/ICESC48915.2020.9156013.
- [65] R. Seiler, M. Schenkel, and F. Eggimann, “Off-line cursive handwriting recognition compared with on-line recognition,” in *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*, 1996, vol. 4, pp. 505–509, doi: 10.1109/ICPR.1996.547616.
- [66] Y. Bay Ayzeren, M. Erbilek, and E. Celebi, “Emotional State Prediction from Online Handwriting and Signature Biometrics,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 164759–164774, 2019.
- [67] Y. Xu, F. Yin, D. H. Wang, X. Y. Zhang, Z. Zhang, and C. L. Liu, “CASIA-AHCDB: A large-scale chinese ancient handwritten characters database,” in *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*, 2019, pp. 793–798, doi: 10.1109/ICDAR.2019.00132.
- [68] S. A. Mahmoud, H. Luqman, B. M. Al-Helali, G. BinMakhashen, and M. T. Parvez, “Online-KHATT: An open-vocabulary database for arabic online-text processing,” *Open Cybern. Syst. J.*, vol. 12, pp. 42–59, 2018, doi: 10.2174/1874110X01812010042.
- [69] L. Likforman-Sulem, A. Esposito, M. Faundez-Zanuy, S. Clemencon, and G. Cordasco, “EMOTHAW: A Novel Database for Emotional State Recognition from Handwriting and Drawing,” *IEEE Trans. Human-Machine*

- Syst.*, vol. 47, no. 2, pp. 273–284, 2017, doi: 10.1109/THMS.2016.2635441.
- [70] C. Djeddi, A. Gattal, L. Souici-Meslati, I. Siddiqi, Y. Chibani, and H. El Abed, “LAMIS-MSHD: A Multi-script Offline Handwriting Database,” in *Proceedings of International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, ICFHR*, 2014, vol. 2014-Decem, pp. 93–97, doi: 10.1109/ICFHR.2014.23.
- [71] I. Abdelaziz and S. Abdou, “AltecOnDB: A Large-Vocabulary Arabic Online Handwriting Recognition Database,” *arXiv:1412.762v1*, pp. 1–12, 2014.
- [72] C. Liu, F. Yin, D. Wang, and Q. Wang, “Online and offline handwritten Chinese character recognition : Benchmarking on new databases,” *Pattern Recognit.*, vol. 46, no. 1, pp. 155–162, 2013, doi: 10.1016/j.patcog.2012.06.021.
- [73] S. A. Mahmoud *et al.*, “KHATT: An open Arabic offline handwritten text database,” *Pattern Recognit.*, vol. 47, no. 3, pp. 1096–1112, 2014, doi: 10.1016/j.patcog.2013.08.009.
- [74] H. El Abed, V. Märgner, M. Kherallah, and A. M. Alimi, “ICDAR 2009 Online Arabic handwriting recognition competition,” in *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*, 2009, pp. 1388–1392, doi: 10.1109/ICDAR.2009.284.
- [75] P. Analysis, J. Fierrez, J. Galbally, E. Commission, F. Alonso-fernandez, and D. T. Toledano, “BiosecuRID : A multimodal biometric database,” no. January, 2007.
- [76] B. Dumas *et al.*, “MYIDEA – MULTIMODAL BIOMETRICS DATABASE, DESCRIPTION OF ACQUISITION PROTOCOLS,” in *Proceedings of the Third Cost 275 Workshop*, 2005, no. October.
- [77] M. Liwicki and H. Bunke, “IAM-OnDB - An on-line English sentence database acquired from handwritten text on a whiteboard,” *Proc. Int. Conf. Doc. Anal. Recognition, ICDAR*, vol. 2005, pp. 956–961, 2005, doi: 10.1109/ICDAR.2005.132.
- [78] C. Viard-Gaudin, P. M. Lallican, S. Knerr, and P. Binter, “The IRESTE On/Off (IRONOFF) dual handwriting database,” in *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*, 1999, pp. 459–462, doi: 10.1109/ICDAR.1999.791823.
- [79] V. Kamath, N. Ramaswamy, P. Navin Karanth, V. Desai, and S. M. Kulkarni, “Development of an automated handwriting analysis system,” *J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 6, no. 9, pp. 135–140, 2011.
- [80] E. Sesa-Nogueras, M. Faundez-Zanuy, and J. Mekyska, “An Information Analysis of In-Air and On-Surface Trajectories in Online Handwriting,” *Cognit. Comput.*, vol. 4, no. 2, pp. 195–205, 2012, doi: 10.1007/s12559-011-9119-y.
- [81] R. Kacker and H. B. Maringanti, “Personality Analysis Through Handwriting,” *GSTF J. Comput.*, vol. 2, no. 1, pp. 94–97, 2012.
- [82] P. K. Grewal and D. Prashar, “Behavior Prediction Through Handwriting Analysis,” *Int. J. Comput. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 520–523, 2012.
- [83] A. Rahiman M, D. Varghese, and M. Kumar G, “HABIT : Handwritten

- Analysis Based Individualistic Traits Prediction,” *Int. J. Image Process.*, vol. 7, no. 2, pp. 209–218, 2013.
- [84] E. C. Djamal, R. Darmawati, and S. N. Ramdhan, “Application image processing to predict personality based on structure of handwriting and signature,” in *Proceeding - 2013 International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications: “Recent Challenges in Computer, Control and Informatics”, IC3INA 2013*, 2013, pp. 163–168, doi: 10.1109/IC3INA.2013.6819167.
- [85] E. C. Djamal, S. N. Ramdhan, J. Saputra, E. C. Djamal, S. N. Ramdhan, and J. Saputra, “Recognition of Handwriting Based on Signature and Digit of Character Using Multiple of Artificial Neural Networks in Personality Identification,” in *Information Systems International Conference (ISICO)*, 2013.
- [86] A. A. Raut and A. M. Bobade, “PREDICTION OF HUMAN PERSONALITY BY HANDWRITING ANALYSIS BASED ON SEGMENTATION METHOD USING SUPPORT VECTOR MACHINE,” *Int. J. PURE Appl. Res. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 9, pp. 159–166, 2014.
- [87] A. Jabbar and M. Sikandar, “Brain Study Analyzer using Handwriting (BASH),” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 123, no. 12, pp. 50–54, 2015, doi: 10.5120/ijca2015905534.
- [88] B. Fallah and H. Khotanlou, “Detecting features of human personality based on handwriting using learning algorithms,” *Adv. Comput. Sci. an Int. J.*, vol. 4, no. 6, pp. 31–37, 2015.
- [89] A. Bal and R. Saha, “An Efficient Method for Skew Normalization of Handwriting Image,” *6th IEEE Int. Conf. Commun. Syst. Netw. Technol.*, no. March 2016, pp. 222–228, 2016, doi: 10.1007/978-981-10-3373-5_18.
- [90] A. Bandyopadhyay, B. Mukherjee, and A. Hazra, “Perception Based Decision Support System for Handwriting Behaviour Analysis,” *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 84, pp. 177–185, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.04.084.
- [91] S. Asra, “Specific Trait Identification in Margins Using Hand Written Cursive,” *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 19963–19964, 2017, doi: 10.18535/ijecs/v6i1.19.
- [92] S. Chakraborty and J. Majumder, “Character Analysis Using Space in Handwriting Image to Determine Specialization in Business,” *Int. J. Recent Trends Bus. Tour.*, vol. 3, no. July, pp. 108–116, 2019.
- [93] J. E. Valdez-Rodríguez, H. Calvo, and E. M. Felipe-Riveron, “Handwritten Texts for Personality Identification Using Convolutional Neural Networks,” in *Int. Conf. on Pattern Recognition*, 2019, pp. 140–145.
- [94] Y. Chernov and C. Caspers, “Formalized computer-aided handwriting psychology: Validation and integration into psychological assessment,” *Behav. Sci. (Basel)*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.3390/bs10010027.
- [95] K. Datta Gupta, A. Garg, H. Bhaskar, and P. Jain, “Behaviour Prediction using Graphology,” in *SSRN Electronic Journal*, 2020, pp. 1–4, doi: 10.2139/ssrn.3562969.
- [96] R. Plamondon and S. N. Srihari, “On-Line and Off-Line Handwriting

- Recognition: A Comprehensive Survey,” *IEEE Trans. PATTERN Anal. Mach. Intell.*, vol. 22, no. 1, pp. 63–84, 2000.
- [97] N. Singh, T. Thilagavathy, R. T. Lakshmipriya, and O. Umamaheswari, “Some studies on detection and filtering algorithms for the removal of random valued impulse noise,” *IET Image Process.*, vol. 11, no. 11, pp. 953–963, 2017.
- [98] J. W. Tukey, *Exploratory Data Analysis*, vol. 33. Philippines: Addison-Wesley Publishing Company, 1977.
- [99] B. Weiss, “Fast median and bilateral filtering,” *ACM SIGGRAPH 2006 Pap. SIGGRAPH '06*, vol. 1, no. 212, pp. 519–526, 2006, doi: 10.1145/1179352.1141918.
- [100] B. M. Jabarullah, “Impulse Noise Removal in Digital Images,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 10, no. 8, pp. 45–51, 2010, doi: 10.9790/0661-0644551.
- [101] S. Zhang, X. Li, and C. Zhang, “Modified adaptive median filtering,” *Proc. - 3rd Int. Conf. Intell. Transp. Big Data Smart City, ICITBS 2018*, vol. 2018-Janua, pp. 262–265, 2018, doi: 10.1109/ICITBS.2018.00074.
- [102] Z. Zhang, D. Han, J. Dezert, and Y. Yang, “A new adaptive switching median filter for impulse noise reduction with pre-detection based on evidential reasoning,” *Signal Processing*, vol. 147, pp. 173–189, 2018, doi: 10.1016/j.sigpro.2018.01.027.
- [103] K. Kal, V. Toh, N. Ashidi, and M. Isa, “Noise Adaptive Fuzzy Switching Median Filter for Salt-and-Pepper Noise Reduction,” *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 17, no. 3, pp. 281–284, 2010.
- [104] C. Y. Wang, L. L. Li, F. P. Yang, and H. Gong, “A new kind of adaptive weighted median filter algorithm,” in *ICCCAS 2010 - 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling, Proceedings*, 2010, vol. 11, pp. 667–671, doi: 10.1109/ICCCAS.2010.5623118.
- [105] C. Suganya and O. Umamaheswari, “Image restoration using noise adaptive fuzzy switching weighted median filter for the removal of impulse noise,” in *2011 Defense Science Research Conference and Expo, DSR 2011*, 2011, no. 9, doi: 10.1109/DSR.2011.6026853.
- [106] N. Singh, G. Vasugi, and O. Uma Maheswari, “An efficient algorithm for removing RVIN in grayscale images,” in *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 403, 2017, pp. 259–264.
- [107] C. Tomasi and R. Manduchi, “Bilateral filtering for gray and color images,” *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, pp. 839–846, 1998, doi: 10.1109/iccv.1998.710815.
- [108] P. V. Sudeep *et al.*, “Enhancement and bias removal of optical coherence tomography images: An iterative approach with adaptive bilateral filtering,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 71, pp. 97–107, 2016, doi: 10.1016/j.combiomed.2016.02.003.
- [109] A. N. Ruchay, K. A. Dorofeev, and V. V Kalschikov, “A novel switching bilateral filtering algorithm for depth map,” *Компьютерная оптика*, vol. 43, no. 6, pp. 1001–1007, 2019, doi: 10.18287/2412-6179-2019-43-6-1001-1007.Acknowledgments.
- [110] L. Kang, P. Ye, Y. Li, and D. Doermann, “A deep learning approach to

- document image quality assessment,” *2014 IEEE Int. Conf. Image Process. ICIP 2014*, pp. 2570–2574, 2014, doi: 10.1109/ICIP.2014.7025520.
- [111] S. Panwar and N. Nain, “A novel approach of skew normalization for handwritten text lines and words,” *8th Int. Conf. Signal Image Technol. Internet Based Syst. SITIS 2012r*, pp. 296–299, 2012, doi: 10.1109/SITIS.2012.51.
- [112] P. Dhande and R. Kharat, “Segmentation and Feature Extraction for Cursive English Handwriting Recognition,” *Int. J. Emerg. Trends Technol.*, vol. 4, no. July-2017, pp. 8286–8291, 2017.
- [113] A. Vinciarelli and J. Luetin, “A new normalization technique for cursive handwritten words,” *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 22, no. 9, pp. 1043–1050, 2001, doi: 10.1016/S0167-8655(01)00042-3.
- [114] H. N. Champa and K. R. A. Kumar, “Rule-based Approach for Personality Prediction Through Handwriting Analysis,” *Int. J. Comput. Intell. Healthc. INFORMATICS*, vol. 4, no. 1, pp. 27–29, 2011.
- [115] K. Amend and M. S. Ruiz, *Handwriting Analysis The Complete Basic Book*. New Jersey: The Career Press, 1980.
- [116] G. Groth-Marnat, *Handbook of psychological assessment*, Fourth Edi. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2003.
- [117] N. Arica and F. T. Yarman-Vural, “An overview of character recognition focused on off-line handwriting,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 31, no. 2, pp. 216–233, 2001, doi: 10.1109/5326.941845.
- [118] R. R. McCrae and P. Costa, “The Five Factor Model Theory of Personality,” vol. 9, no. January 1996, 1996.
- [119] R. R. Mccrae and O. P. John, “The five-factor model: issues and applications.” *J. Pers.*, vol. 60, no. 2, pp. 175–532, 1992.
- [120] I. B. Myers and P. B. Myers, *Gifts Differing: Understanding Personality*. Mountain View, California: Davies-Black Publishing, 1995.
- [121] D. R. Riso and R. Hudson, *Understanding the Enneagram: The Practical Guide to Personality Types*. New York: Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2000.
- [122] S. H. Kale and S. Shrivastava, “Applying the Enneagram theory to human resource management,” *J. Spirituality, Leadersh. Manag.*, vol. 1, pp. 38–47, 2002.
- [123] M. Rasta, S. Hosseinian, and G. Ahghar, “A Survey on the Effectiveness of Nine-type Personality Training (Enneagram) on the Mental Health (Anxiety and Self-esteem) of School Girls,” *J. Basic Appl. Sci. Res.*, vol. 2, no. 11, pp. 11845–11849, 2012.
- [124] R. Sathya and A. Abraham, “Comparison of Supervised and Unsupervised Learning Algorithms for Pattern Classification,” *Int. J. Adv. Res. Artif. Intell.*, vol. 2, no. 2, pp. 34–38, 2013, doi: 10.14569/ijarai.2013.020206.
- [125] I. Rish, “An empirical study of the naive Bayes classifier,” *researchgate.net*, pp. 41–46, 2001, doi: 10.1039/b104835j.
- [126] H. Zhang, “The optimality of Naive Bayes,” in *Proceedings of the Seventeenth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, FLAIRS 2004*, 2004, vol. 2, pp. 562–567.

- [127] S. Tan, “An effective refinement strategy for KNN text classifier,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 30, no. 2, pp. 290–298, 2006, doi: 10.1016/j.eswa.2005.07.019.
- [128] V. Jakkula, “Tutorial on Support Vector Machine (SVM),” *Sch. EECS, Washingt. State Univ.*, pp. 1–13, 2011.
- [129] W. S. Noble, “What is a support vector machine?,” *Nat. Biotechnol.*, vol. 24, no. 12, pp. 1565–1567, 2006, doi: 10.1038/nbt1206-1565.
- [130] T. H. Kim, “Pattern recognition using artificial neural network: A review,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 76 CCIS, pp. 138–148, 2010, doi: 10.1007/978-3-642-13365-7_14.
- [131] A. K. Jain, “Artificial Neural Network: A Tutorial,” *IEEE*, pp. 31–44, 1996.
- [132] H. N. Champa and D. K. R. AnandaKumar, “Artificial Neural Network for Human Behavior Prediction through Handwriting Analysis,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 2, no. 2, pp. 36–41, 2010, doi: 10.5120/629-878.
- [133] Sadhana and E. A. Sharma, “Human Behaviour Modelling & Analysis Using Artificial Neural Network,” *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 1124–1128, 2015.
- [134] Z. Alom, T. M. Taha, C. Yakopcic, S. Westberg, S. Nasrin, and V. K. Asari, “Comprehensive Survey on Deep Learning Approaches,” 2017.
- [135] K. O’Shea and R. Nash, “An Introduction to Convolutional Neural Networks,” *arXiv:1511.08458v2*, no. December, 2015.
- [136] R. C. Barros, M. P. Basgalupp, A. C. P. L. F. De Carvalho, and A. A. Freitas, “A survey of evolutionary algorithms for decision-tree induction,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 42, no. 3, pp. 291–312, 2012, doi: 10.1109/TSMCC.2011.2157494.
- [137] B. Hssina, A. Merbouha, H. Ezzikouri, and M. Erritali, “A comparative study of decision tree ID3 and C4.5,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 4, no. 2, pp. 13–19, 2014, doi: 10.14569/specialissue.2014.040203.
- [138] S. O. N. G. Yan-yan and L. U. Ying, “Decision tree methods: applications for classification and prediction,” *Shanghai Arch. Psychiatry*, vol. 27, no. 2, pp. 130–135, 2015.
- [139] C. M. Bishop, *Pattern recognition and machine learning*. New York: Springer New York, 2006.
- [140] T. Saba, A. S. Almazyad, and A. Rehman, “Language independent rule based classification of printed & handwritten text (Classification of Printed & Handwritten Text),” *2015 IEEE Int. Conf. Evol. Adapt. Intell. Syst. EAIS 2015*, 2015, doi: 10.1109/EAIS.2015.7368806.
- [141] D. Arthur and S. Vassilvitskii, “k-means++: The Advantages of Careful Seeding,” in *Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms, Society for Industrial and Applied Mathematics*, 2007, pp. 1–11.
- [142] V. Vakharia and R. Gujar, “Prediction of compressive strength and portland cement composition using cross-validation and feature ranking techniques,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 225, pp. 292–301, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.07.224.
- [143] Z. Xiong, Y. Cui, Z. Liu, Y. Zhao, M. Hu, and J. Hu, “Evaluating explorative

- prediction power of machine learning algorithms for materials discovery using k-fold forward cross-validation,” *Comput. Mater. Sci.*, vol. 171, no. July 2019, p. 109203, 2020, doi: 10.1016/j.commatsci.2019.109203.
- [144] H. Meyer, C. Reudenbach, T. Hengl, M. Katurji, and T. Naus, “Improving performance of spatio-temporal machine learning models using forward feature selection and target-oriented validation,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 101, pp. 1–9, 2018, doi: 10.1016/j.envsoft.2017.12.001.
- [145] M. M. Rahman, S. M. Shaiban, S. S. Hasan, M. R. Tanjim, and M. A. Khan, “Forensic analysis of bangla handwritten letters,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 74–78, 2020, doi: 10.1145/3411174.3411188.
- [146] R. Coll, A. Forn, and J. Llad, “Graphological Analysis of Handwritten Text Documents for Human Resources Recruitment Graphological Analysis of Handwritten Text Documents for Human Resources Recruitment,” no. January, 2009, doi: 10.1109/ICDAR.2009.213.
- [147] S. Müller, O. Preische, P. Heymann, U. Elbing, and C. Laske, “Increased diagnostic accuracy of digital vs. conventional clock drawing test for discrimination of patients in the early course of Alzheimer’s disease from cognitively healthy individuals,” *Front. Aging Neurosci.*, vol. 9, no. APR, pp. 1–10, 2017.
- [148] J. Garre-Olmo, M. Faúndez-Zanuy, K. López-de-Ipiña, L. Calvó-Perxas, and O. Turró-Garriga, “Kinematic and Pressure Features of Handwriting and Drawing: Preliminary Results Between Patients with Mild Cognitive Impairment, Alzheimer Disease and Healthy Controls,” *Curr. Alzheimer Res.*, vol. 14, no. 9, pp. 960–968, 2017.
- [149] C. Kotsavasiloglou, N. Kostikis, D. Hristu-Varsakelis, and M. Arnaoutoglou, “Machine learning-based classification of simple drawing movements in Parkinson’s disease,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 31, pp. 174–180, 2017.
- [150] B. Gawda, “Lack of evidence for the assessment of personality traits using handwriting analysis,” *Polish Psychol. Bull.*, vol. 45, no. 1, pp. 73–79, 2014.
- [151] A. K. Jain, R. P. W. Duin, and J. Mao, “Statistical pattern recognition: A review,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 22, no. 1, pp. 4–37, 2000.
- [152] S. Kruk, *Practical Python AI Projects*. New York: Springer Science+Business Media New York, 2018.
- [153] A. Mordvintsev and K. Abid, *OpenCV-Python Tutorials Documentation*. 2017.
- [154] W.-M. Lee, *Python Machine Learning*. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc, 2019.
- [155] S. Panwar and N. Nain, “Handwritten text documents binarization and skew normalization approaches,” *4th Int. Conf. Intell. Hum. Comput. Interact. Adv. Technol. Humanit. IHCI 2012*, 2012, doi: 10.1109/IHCI.2012.6481869.
- [156] F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, and B. Thirion, “Scikit-learn: Machine Learning in Python,” *J. Mach. Learn. Res.*, pp. i–ii, 2011.