

**SISTEM KLASIFIKASI KELAINAN TULANG BELAKANG
BERDASARKAN METODE *HU AND ZERNIKE MOMENT*
INVARIANT DAN *MACHINE LEARNING***

SKRIPSI

Disusun guna memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata-I
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

IBNU RAHMAT SIDDIK

20190120062

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2023

HALAMAN PERNYATAAN

Nama : Ibnu Rahmat Siddik
NIM : 20190120062
Program studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan bahwa naskah tugas akhir/skripsi dengan judul **“SISTEM KLASIFIKASI KELAINAN TULANG BELAKANG BERDASARKAN METODE *HU AND ZERNIKE MOMENT INVARIANT* DAN *MACHINE LEARNING*”** merupakan asli hasil karya tulis saya sendiri dan tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana pada Perguruan Tinggi serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di publikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis terdapat sumbernya yang disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 18 Januari 2023

Penulis



Ibnu Rahmat Siddik

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan,”

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S. Asy-Syarah 6-7)

فَاذْكُرُونِي أَذْكَرُكُمْ وَاشْكُرُوا لِي وَلَا تَكْفُرُونِ

“Maka ingatlah kepada-Ku, Aku pun akan ingat kepadamu. Bersyukurlah kepada-Ku, dan janganlah kamu ingkar kepada-Ku.”

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ ۗ إِنَّ اللَّهَ مَعَ

الصَّابِرِينَ

“Wahai orang-orang yang beriman! Mohonlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan salat. Sungguh, Allah beserta orang-orang yang sabar.”

الَّذِينَ إِذَا أَصَابَتْهُمُ مُصِيبَةٌ قَالُوا إِنَّا لِلَّهِ وَإِنَّا إِلَيْهِ رَاجِعُونَ

“(yaitu) orang-orang yang apabila ditimpa musibah, mereka berkata “Inna lillahi wa inna ilaihi raji’un” (sesungguhnya kami milik Allah dan kepada-Nyalah kami kembali).”

(Q.S. Al-Baqarah 152-153, 156)

“Barang siapa yang menghilangkan kesusahan dari kesusahan- kesusahan dunia orang mukmin, maka Allah akan menghilangkan kesusahan dari kesusahan- kesusahan hari kiamat”

(HR. Muslim)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR. Muslim)

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Saya persembahkan Tugas Akhir/Skripsi ini untuk kedua orang tua dan Keluarga saya, Bapak Nurhadi Saputro Rahmad, S.Ag (Alm), Ibu Siti Khodijah, S.Ag, dan Adek Fahri Razak Saputra”

“Saya persembahkan Tugas Akhir/Skripsi ini kepada Kekasih saya dan Keluarga, Wahyu Dwi Astuti, S.Farm, Adek Jaka Sutrisna, Kakak Muhammad Eko Prasetyo (Alm), Ayah Maryani (Alm), dan Ibu Wiji Sumiati”



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir/Skripsi dengan judul “SISTEM KLASIFIKASI KELAINAN TULANG BELAKANG BERDASARKAN METODE *HU AND ZERNIKE MOMENT INVARIANT* DAN *MACHINE LEARNING*”.


Dalam menyelesaikan tugas akhir/skripsi ini penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Yth:

1. Prof. Dr. Ir. Gunawan Budiyo M.P., IPM., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Karisma Trinanda Putra, S.ST., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Dr. Yessi Jusman, S.T., M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir/skripsi ini.
5. Ir. Anna Nur Nazilah C, S.T., M.Eng., sebagai Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir/skripsi ini.
6. Karisma Trinanda Putra, S.ST., M.T., Ph.D., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir/skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir/skripsi ini.
8. Teman-teman saya yang berada di grup *whatsapp* Skripsi Hore bimbingan Ibu Yessi yaitu Rika, Faiz, Evelyne, Syahrul, dan Adittia yang telah berjuang dan berproses bersama-sama dalam penyusunan tugas akhir/skripsi untuk mendapatkan gelar Sarjana ST ini.

9. Teman-teman saya yang berada di grup *whatsapp* Tadika Mesra yaitu Andhika, Ilham, Fajar, Qudsi, Jundan, Rika, Febriana, Fitriani, dan Titis, yang telah banyak membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan pembuatan tugas akhir/skripsi ini dan memberikan dorongan serta motivasi yang diberikan.
10. Teman-teman saya yang berada di grup *whatsapp* Petinggi Dunia yaitu Abay, Alip, Darma, Duta, Fahrul, Faiz, Jyrki, Mayko, dan Wignyo yang telah banyak membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan pembuatan tugas akhir/skripsi ini dan memberikan dorongan serta motivasi yang diberikan.
11. Seluruh teman-teman Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta angkatan 2019 yang telah banyak membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan pembuatan tugas akhir/skripsi ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dorongan serta motivasi yang diberikan.
13. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir/skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dalam pengembangan penulisan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap semoga tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 18 Januari 2023

Penulis



Ibnu Rahmat Siddik

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN I	II
HALAMAN PENGESAHAN II	III
SURAT PERNYATAAN PENELITIAN TUGAS AKHIR	IV
HALAMAN PERNYATAAN	V
MOTTO	VI
HALAMAN PERSEMBAHAN	VII
KATA PENGANTAR	VIII
DAFTAR ISI	X
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XVI
DAFTAR LAMPIRAN	XVIII
INTISARI	XIX
ABSTRACT	XX
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	15
2.2.1 Kelainan Tulang Belakang	15
a. Pengertian Kelainan Tulang Belakang	15
b. Jenis-Jenis Kelainan Tulang Belakang	16
2.2.2 Pengolahan Citra Digital	17
2.2.3 Metode Ekstraksi	20
a. Hu Moment Invariant	20
b. Zernike Moment Invariant	22
2.2.4 Metode Klasifikasi	23

a.	Support Vector Machine	23
b.	K-Nearest Neighbor	24
c.	Decision Tree	25
2.2.5	Matlab	28
2.2.6	Graphical User Interface GUI	30
2.2.7	Confusion Matrix	32
BAB III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1	Metode Penelitian	34
3.2	Perancangan Sistem	36
1.	Pre-Processing	38
2.	Processing	39
3.	Proses Ekstraksi Fitur	41
3.3	Prosedur Penggunaan Classification Learner Toolbox	44
3.4	Tampilan GUI	54
3.5	Program Klasifikasi Kelainan Tulang Belakang	56
3.6	Instrument Penelitian	63
BAB IV.	ANALISIS DAN HASIL	65
4.1	Prosedur Penggunaan Program GUI	65
4.2	Preprocessing	68
4.3	Esktraksi Ciri (Fitur)	72
4.4	Analisis Klasifikasi	74
4.5	Analisis Sistem	129
4.6	Analisis Performa	133
BAB V.	PENUTUP.....	220
5.1	Kesimpulan	220
5.2	Saran	221
DAFTAR PUSTAKA	222	
LAMPIRAN.....	228	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kelainan Tulang Belakang	16
Gambar 2.2 Citra Digital.....	18
Gambar 2.3 Skala Keabuan (grayscale).....	19
Gambar 2.4 Citra Biner	19
Gambar 2.5 Citra Warna RGB	20
Gambar 2.6 Model Pemisahan Masalah dan Hypeplane pada SVM	23
Gambar 2.7 Decision Tree	26
Gambar 2.8 Logo MATLAB R2021a.....	30
Gambar 2.9 Tampilan GUI	31
Gambar 3.1 Alur Metode Penelitian	34
Gambar 3.2 Flowchart Perancangan Sistem	37
Gambar 3.3 (a) Citra awal, (b) Citra setelah preprocessing.....	39
Gambar 3.4 Flowchart Processing	40
Gambar 3.5 Excel hasil Ekstraksi Hu Moment (training).....	42
Gambar 3.6 Excel hasil Ekstraksi Zernike Moment (training)	43
Gambar 3.7 Excel hasil Ekstraksi Gabungan (training).....	44
Gambar 3.8 Pemberian label pada tabel excel	45
Gambar 3.9 Import Data Training.....	47
Gambar 3.10 Classification Learner Toolbox	48
Gambar 3.11 Import New Session from Workspace	48
Gambar 3.12 Tampilan dari New Session.....	49
Gambar 3.13 Tampilan Pilihan Model Type Klasifikasi dan tombol Train (SVM)	50
Gambar 3.14 Tampilan Pilihan Model Type Klasifikasi dan tombol Train (KNN)	50
Gambar 3.15 Tampilan Pilihan Model Type Klasifikasi dan tombol Train(DT) ..	51
Gambar 3.16 Hasil Akurasi dari setiap model SVM	51
Gambar 3.17 Hasil Akurasi dari setiap model KNN.....	52
Gambar 3.18 Hasil Akurasi dari setiap model DT.....	52
Gambar 3.19 Menyimpan hasil Confusion Matrix	53
Gambar 3.20 Menyimpan hasil ROC Curve	53

Gambar 3.21 Menyimpan hasil Training Time.....	54
Gambar 3.22 Menyimpan hasil Model.....	54
Gambar 3.23 Tampilan Desain GUI	55
Gambar 4.1 Program Utama Matlab	65
Gambar 4.2 Tampilan GUI	66
Gambar 4.3 File Directory	66
Gambar 4.4 Tampilan tombol Extraction pada tampilan GUI.....	67
Gambar 4.5 Hasil ekstraksi Hu Moment dan Zernike Moment.....	67
Gambar 4.6 Tombol klasifikasi dan tampilan hasil klasifikasi Hu Moment dan Zernike Moment	68
Gambar 4.7 (a) Hasil yang dicari dari metode adapthisteq (CLAHE), (b) Hasil yang dicari dari metode histeq	70
Gambar 4.8 (a) Citra awal (Original) kelas Abnormal, (b) Citra Flip Horizontal, (c)Citra Flip Vertikal, (d) Citra Flip Gabungan	71
Gambar 4.9 (a) Citra awal (Original) kelas Normal, (b) Citra Flip Horizontal, (c) Citra Flip Vertikal, (d) Citra Flip Gabungan	71
Gambar 4.10 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment model SVM Fine Gaussian,.....	75
Gambar 4.11 Hasil ROC untuk Hu Moment model SVM Fine Gaussian,	76
Gambar 4.12 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment model SVM Cubic,	78
Gambar 4.13 Hasil ROC untuk Hu Moment model SVM Cubic,	79
Gambar 4.14 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment model KNN Fine,.....	81
Gambar 4.15 Hasil ROC untuk Hu Moment model KNN Fine,	82
Gambar 4.16 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment model KNN Weighted	84
Gambar 4.17 Hasil ROC untuk Hu Moment model KNN Weighted,	85
Gambar 4.18 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment model DT Fine,.....	87
Gambar 4.19 Hasil ROC untuk Hu Moment model DT Fine,	88
Gambar 4.20 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment model DT Medium,	90
Gambar 4.21 Hasil ROC untuk Hu Moment model DT Medium,.....	91
Gambar 4.22 Hasil Confusion Matrix untuk Zernike Moment model SVM Fine Gaussian,.....	93
Gambar 4.23 Hasil ROC untuk Zernike Moment model SVM Fine Gaussian,.....	94

Gambar 4.24 Hasil Confusion Matrix untuk Zernike Moment model SVM Medium Gaussian,	96
Gambar 4.25 Hasil ROC untuk Zernike Moment model SVM Medium Gaussian,	97
Gambar 4.26 Hasil Confusion Matrix untuk Zernike Moment model KNN Fine, 99	
Gambar 4.27 Hasil ROC untuk Zernike Moment model KNN Fine,	100
Gambar 4.28 Hasil Confusion Matrix untuk Zernike Moment model KNN Weighted,	102
Gambar 4.29 Hasil ROC untuk Zernike Moment model KNN Weighted,	103
Gambar 4.30 Hasil Confusion Matrix untuk Zernike Moment model DT Fine, .	105
Gambar 4.31 Hasil ROC untuk Zernike Moment model DT Fine,	106
Gambar 4.32 Hasil Confusion Matrix untuk Zernike Moment model DT Medium,	108
Gambar 4.33 Hasil ROC untuk Zernike Moment model DT Medium,	109
Gambar 4.34 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment + Zernike Moment model SVM Fine Gaussian,	111
Gambar 4.35 Hasil ROC untuk Hu Moment + Zernike Moment model SVM Fine Gaussian,	112
Gambar 4.36 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment + Zernike Moment model SVM Cubic,	114
Gambar 4.37 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment + Zernike Moment model SVM Cubic,	115
Gambar 4.38 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment + Zernike Moment model KNN Fine,	117
Gambar 4.39 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment + Zernike Moment model KNN Fine,	118
Gambar 4.40 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment + Zernike Moment model KNN Weighted,	120
Gambar 4.41 Hasil ROC untuk Hu Moment + Zernike Moment model KNN Weighted,	121
Gambar 4.42 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment + Zernike Moment model DT Fine,	123

Gambar 4.43 Hasil ROC untuk Hu Moment + Zernike Moment model DT Fine,	124
Gambar 4.44 Hasil Confusion Matrix untuk Hu Moment + Zernike Moment model DT Medium,.....	126
Gambar 4.45 Hasil ROC untuk Hu Moment + Zernike Moment model DT Medium,.....	127
Gambar 4.46 Diagram Batang Accuracy ekstraksi Hu Moment.....	134
Gambar 4.47 Diagram Batang Accuracy ekstraksi Zernike Moment.....	135
Gambar 4.48 Diagram Batang Accuracy ekstraksi Hu Moment + Zernike Moment	136
Gambar 4.49 Diagram Batang Accuracy ekstraksi Hu Moment + Zernike Moment	137



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel rangkuman referensi penelitian.....	11
Tabel 2.2 Hasil Dataset pada Confusion Matrix	32
Tabel 2.3 Performance Matrix	33
Tabel 4.1 Perbandingan Metode Enhancement.....	69
Tabel 4.2 Rerata dan SD dari Esktraksi Fitur dengan Metode Hu Moment.	72
Tabel 4.3 Rerata dan SD dari Esktraksi Fitur dengan Metode Zernike Moment...73	
Tabel 4.4 Akurasi dan Waktu Training SVM Fine Gaussian	77
Tabel 4.5 Akurasi dan Waktu Training SVM Cubic.....	80
Tabel 4.6 Akurasi dan Waktu Training KNN Fine	83
Tabel 4.7 Akurasi dan Waktu Training KNN Weighted.....	86
Tabel 4.8 Akurasi dan Waktu Training DT Fine	89
Tabel 4.9 Akurasi dan Waktu Training DT Medium.....	92
Tabel 4.10 Akurasi dan Waktu Training SVM Fine Gaussian	95
Tabel 4.12 Akurasi dan Waktu Training SVM Medium Gaussian.....	98
Tabel 4.13 Akurasi dan Waktu Training KNN Fine	101
Tabel 4.14 Akurasi dan Waktu Training KNN Weighted.....	104
Tabel 4.15 Akurasi dan Waktu Training DT Fine	107
Tabel 4.16 Akurasi dan Waktu Training DT Medium.....	110
Tabel 4.17 Akurasi dan Waktu Training SVM Fine Gaussian	113
Tabel 4.18 Akurasi dan Waktu Training SVM Cubic.....	116
Tabel 4.19 Akurasi dan Waktu Training KNN Fine	119
Tabel 4.20 Akurasi dan Waktu Training KNN Weighted.....	122
Tabel 4.21 Akurasi dan Waktu Training DT Fine	125
Tabel 4.22 Akurasi dan Waktu Training DT Medium.....	128
Tabel 4.23 Nilai Accuracy dan Training time dengan ekstraksi Hu Moment	129
Tabel 4.24 Nilai Accuracy dan Training time dengan ekstraksi Zernike Moment	130
Tabel 4.25 Nilai Accuracy dan Training time dengan ekstraksi Hu Moment + Zernike Moment	131
Tabel 4.26 Hasil klasifikasi Terbaik dengan ekstraksi fitur.....	133
Tabel 4.27 Hasil klasifikasi Terbaik dengan ekstraksi fitur.....	134
Tabel 4.28 asil klasifikasi Terbaik dengan ekstraksi fitur.....	135
Tabel 4.29 Hasil Klasifikasi Testing Model SVM Fine Gaussian	138
Tabel 4.30 Hasil Klasifikasi Testing Model SVM Cubic	142
Tabel 4.31 Hasil Klasifikasi Testing Model KNN Fine.....	146
Tabel 4.32 Hasil Klasifikasi Testing Model KNN Weighted	150
Tabel 4.33 Hasil Klasifikasi Testing Model DT Fine	154
Tabel 4.34 Hasil Klasifikasi Testing Model DT Medium.....	158
Tabel 4.35 Hasil Klasifikasi Testing Model SVM Fine Gaussian	162
Tabel 4.36 Hasil Klasifikasi Testing Model SVM Medium Gaussian	166
Tabel 4.37 Hasil Klasifikasi Testing Model KNN Fine.....	170
Tabel 4.38 Hasil Klasifikasi Testing Model KNN Weighted	174
Tabel 4.39 Hasil Klasifikasi Testing Model DT Fine	178
Tabel 4.40 Hasil Klasifikasi Testing Model DT Medium.....	182
Tabel 4.41 Hasil Klasifikasi Testing Model SVM Fine Gaussian	186
Tabel 4.42 Hasil Klasifikasi Testing Model SVM Cubic	190
Tabel 4.43 Hasil Klasifikasi Testing Model KNN Fine.....	194

Tabel 4.44 Hasil Klasifikasi Testing Model KNN Weighted	198
Tabel 4.45 Hasil Klasifikasi Testing Model DT Fine	202
Tabel 4.46 Hasil Klasifikasi Testing Model DT Medium.....	206
Tabel 4.47 Confusion Matrix Data Testing.....	210
Tabel 4.48 Confusion Matrix Data Testing.....	216
Tabel 4.49 Confusion Matrix Data Testing.....	216



DAFTAR LAMPIRAN

