

**SISTEM KLASIFIKASI LEVEL KERAPUHAN STRUKTUR BANGUNAN
BERDASARKAN METODE *HU* DAN *ZERNIKE MOMENT INVARIANT* DAN
*MACHINE LEARNING***

Disusun guna memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata-IFakultas

Teknik Jurusan Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

Muhammad Fajrul Faiz

20190120072

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2023**

HALAMAN PERNYATAAN TUGAS AKHIR

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : **Muhammad Fajrul Faiz**
Nomor Induk Mahasiswa : **20190120072**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Fakultas : **Teknik**
Universitas : **Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**

Dengan ini, saya menyatakan bahwa penelitian Tugas Akhir saya dengan judul:
"SISTEM KLASIFIKASI LEVEL KERAPUHAN STRUKTUR BANGUNAN BERDASARKAN METODE IJU DAN ZERNIKE MOMENT INVARIANT DAN MACHINE LEARNING" merupakan hasil karya tulis sendiri dan tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana pada Perguruan Tinggi serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dipublikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dalam naskah dan daftar Pustaka.

Yogyakarta, 4 April 2023

Penulis



Muhammad Fajrul Faiz

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui.”

-QS. Al-Baqarah: 216-

“...Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya..”

-QS. Al-Baqarah: 286-

“Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya.”

-QS. Al-Zalzalah: 7-



HALAMAN PERSEMBAHAN

“Saya persembahkan Tugas Akhir/Skripsi ini untuk kedua orang tua dan Keluarga saya, Bapak Dzul Fikar S.Ag, Ibu Miftahul Jannah S.Ag”



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal sebagai Tugas Akhir dengan judul "SISTEM KLASIFIKASI LEVEL KERAPUHAN STRUKTUR BANGUNAN BERDASARKAN METODE HU AND ZERNIKE MOMENT INVARIANT DAN MACHINE LEARNING".

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

1. Ir. Aris Widyono Nugroho, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Karisma Trinanda Putra, S.ST., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Dr. Yessi Jusman, S.T., M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan proposal ini.
4. Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan proposal ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan proposal ini.
6. Kedua orang tua dan saudara yang telah banyak memberikan doa dan dukungan baik secara moril maupun materi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pembuatan proposal ini.

7. Teman-teman saya yang berada di grup whatsapp Skripsi bimbingan Ibu Yessi yaitu Rika, Ibnu, Evelyne, Syahrul, dan Adittia yang telah berjuang dan berproses bersama-sama dalam penyusunan tugas akhir/skripsi untuk mendapatkan gelar Sarjana ST ini.
8. Seluruh teman-teman Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta angkatan 2019 yang telah banyak membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan pembuatan tugas akhir/skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dorongan serta motivasi yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dalam pengembangan penulisan proposal ini. penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 13 Juli 2023

Penulis



Muhammad Fajrul Faiz

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN I	ii
HALAMAN PENGESAHAN II.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN TUGAS AKHIR.....	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
INTISARI	xv
ABSTRAK	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori	15
2.1.1 Retakan Beton	15
2.1.2 Pengolahan Citra Digital	18
2.1.3 Metode Ekstraksi.....	22
2.1.4 Metode Klasifikasi	27
2.1.5 MATLAB.....	30

BAB III.....	34
MERTODE PENELITIAN.....	34
3.1 Metode Penelitian.....	34
3.2 Perancangan Sistem.....	36
3.2.1 <i>Pre-processing</i>	38
3.2.2 <i>Processing</i>	39
3.2.3 Ekstraksi Fitur.....	40
3.2.4 Klasifikasi.....	44
3.2.5 Analisis dan Hasil.....	49
3.2.6 Tampilan <i>Graphical User Interface (GUI)</i>	49
3.2.7 Program Klasifikasi Level keretakan beton.....	51
BAB IV.....	68
ANALISIS DAN HASIL.....	68
4.1 <i>Pre-processing</i>	68
4.2 Ekstraksi Fitur.....	68
4.2.1 Hasil Ekstraksi fitur <i>Hu moment</i>	70
4.2.2 Hasil ekstraksi fitur <i>Zernike Moment</i>	71
4.3 Hasil Klasifikasi.....	72
4.4 Analisis Hasil Perbandingan Performa Terbaik.....	217
4.5 Perbandingan Hasil Akurasi <i>Testing</i>	221
4.6 Implementasi <i>GUI</i>	222
BAB V.....	224
PENUTUP.....	224
5.1 Kesimpulan.....	224
5.2 Saran.....	225
DAFTAR PUSTAKA.....	226

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra Digital.....	21
Gambar 2.2 <i>Flowchart</i> Skala Keabuan (<i>grayscale</i>)	21
Gambar 2.3 Citra Biner.....	22
Gambar 2.4 Citra Warna RGB.....	23
Gambar 2.5 <i>Support Vector Machine</i>	28
Gambar 2.6 Persamaan jarak <i>Euclidean</i>	30
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian	34
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Perancangan Sistem.....	37
Gambar 3.3 <i>Flowchart Processing</i>	39
Gambar 3.4 Excel Hasil <i>Training Hu Moment</i>	41
Gambar 3.6 Excel Hasil <i>Training Zernike Moment</i>	42
Gambar 3.6 Excel Hasil <i>Training Gabungan</i>	44
Gambar 3. 7 Tampilan <i>GUI</i>	50
Gambar 4. 1 <i>Confusion Matrix Training Hu Moment Model Linear SVM</i>	81
Gambar 4. 2 Hasil Grafik <i>ROC Hu Moment Model Linear SVM</i>	82
Gambar 4. 3 <i>Confusion Matrix Training Hu Moment Model Coarse Gaussian Support Vector Machine (SVM)</i>	85
Gambar 4.4 Hasil Grafik <i>ROC Hu Moment Model Coarse Gaussian Support Vector Machine (SVM)</i>	86
Gambar 4. 5 <i>Confusion Matrix Training Hu Moment Model Medium Gaussian Support Vector Machine (SVM)</i>	89
Gambar 4. 6 Hasil Grafik <i>ROC Hu Moment Model Medium Gaussian Support Vector Machine (SVM)</i>	90
Gambar 4. 7 <i>Confusion Matrix Training Hu Moment Model Coarse K-Nearest Neighbor (KNN)</i>	93
Gambar 4. 8 Hasil Grafik <i>ROC Hu Moment Model Coarse K-Nearest Neighbors</i>	

(KNN) 94

Gambar 4. 9 *Confusion Matrix Training Hu Moment Model cubic K-Nearest Neighbor (KNN)*..... 97

Gambar 4. 10 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model cubic K-Nearest Neighbors (KNN).....98

Gambar 4. 11 *Confusion Matrix Training Hu Moment Model Medium K-Nearest Neighbor(KNN)*..... 101

Gambar 4. 12 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Medium K-Nearest Neighbors (KNN)..... 102

Gambar 4. 13 *Confusion Matrix Training Hu Moment Model Medium K-Nearest Neighbor(KNN)*..... 105

Gambar 4. 14 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Medium K-Nearest Neighbors (KNN)..... 106

Gambar 4. 15 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Fine Gaussian Support Vector Machine (SVM) 109

Gambar 4. 16 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Fine Gaussian Support Vector Machine (SVM) 110

Gambar 4. 17 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Medium Gaussian Support Vector Machine (SVM)..... 113

Gambar 4. 18 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Medium Gaussian Support Vector Machine (SVM)..... 114

Gambar 4. 19 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Coarse K-Nearest Neighbor (KNN).....117

Gambar 4. 20 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Coarse K-Nearest Neighbor (KNN)118

Gambar 4. 21 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Cosine K-Nearest Neighbor (KNN).....121

Gambar 4. 22 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Cosine K-Nearest Neighbor (KNN).....122

Gambar 4. 23 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Cubic K-Nearest Neighbor

(KNN).....	125
Gambar 4. 24 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Cubic K-Nearest Neighbor (KNN).....	126
Gambar 4. 25 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan Model Linier SVM.....	129
Gambar 4. 26 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan Model Linear SVM	130
Gambar 4. 27 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan dengan Model Coarse Gaussian Support Vector Machine (SVM)	133
Gambar 4. 28 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan Model Linear SVM.....	134
Gambar 4. 29 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan dengan Model Coarse Gaussian Support Vector Machine (SVM)	137
Gambar 4. 30 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan Model Coarse SVM.....	138
Gambar 4. 31 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan dengan Model Coarse KNN.....	141
Gambar 4. 32 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan Model Coarse KNN.....	142
Gambar 4. 33 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Coarse K-Nearest Neighbor (KNN).....	145
Gambar 4. 34 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan Model Cosine KNN.....	146
Gambar 4. 35 Hasil Grafik ROC Hu Moment Model Weighted K-Nearest Neighbor (KNN).....	149
Gambar 4. 36 Hasil Grafik ROC Metode Gabungan Model Weighted KNN	150
Gambar 4. 37 Hasil Perbandingan Akurasi Training Hu Moment	208
Gambar 4. 38 Hasil Perbandingan Akurasi Training Zernike Moment.....	209
Gambar 4. 39 Hasil Perbandingan Akurasi Training Gabungan (Hu Moment + Zernike Moment).....	210

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel rangkuman referensi penelitian	11
Tabel 3. 1 Tampilan klasifikasi	44
Tabel 4.1 perbandingan metode <i>enhancement</i>	68
Tabel 4.2 perbandingan antara citra asli dengan citra hasil <i>pre-processing</i>	69
Tabel 4. 3 Rerata dan SD dari Ekstraksi Fitur dengan Metode <i>Hu Moment</i>	70
Tabel 4. 4 Rerata dan SD dari Ekstraksi Fitur dengan Metode <i>Zernike Moment</i>	71
Tabel 4. 5 Hasil <i>Training Hu Moment</i> dengan Model <i>Linear SVM</i>	75
Tabel 4. 6 Hasil <i>Training Hu Moment</i> dengan Model <i>Coarse Gaussian SVM</i>	79
Tabel 4. 7 Hasil <i>Training Hu Moment</i> dengan Model <i>Medium Gaussian</i>	83
Tabel 4. 8 Hasil <i>Training Hu Moment</i> dengan Model <i>Coarse KNN</i>	87
Tabel 4. 9 Hasil <i>Training Hu Moment</i> dengan Model <i>Cubic KNN</i>	91
Tabel 4. 10 Hasil <i>Training Hu Moment</i> dengan Model <i>Medium KNN</i>	95
Tabel 4. 11 Hasil <i>Training Zernike Moment</i> dengan Model <i>Linier SVM</i>	99
Tabel 4. 12 Hasil <i>Training Zernike Moment</i> dengan Model <i>Fine Gaussian SVM</i>	103
Tabel 4. 13 Hasil <i>Training Zernike Moment</i> dengan Model <i>Medium Gaussian SVM</i>	107
Tabel 4. 14 Hasil <i>Training Zernike Moment</i> dengan Model <i>Coarse KNN</i>	111
Tabel 4. 15 Hasil <i>Training Zernike Moment</i> dengan Model <i>Cosine KNN</i>	115
Tabel 4. 16 Hasil <i>Training Zernike Moment</i> dengan Model <i>Cubic KNN</i>	119
Tabel 4. 17 Hasil <i>Training Gabungan</i> dengan Model <i>Linier SVM</i>	123
Tabel 4. 18 Hasil <i>Training Gabungan</i> dengan Model <i>Medium Gaussian</i>	127
Tabel 4. 19 Hasil <i>Training Gabungan</i> dengan Model <i>Coarse SVM</i>	131
Tabel 4. 20 Hasil <i>Training Fitur Gabungan</i> dengan Model <i>Coarse KNN</i>	135
Tabel 4. 21 Hasil <i>Training Fitur Gabungan</i> dengan Model <i>Cosine KNN</i>	139
Tabel 4. 22 Hasil <i>Training Fitur Gabungan</i> dengan Model <i>Weighted KNN</i>	143
Tabel 4. 23 <i>Testing Hu Moment Model Linier SVM</i>	145
Tabel 4. 24 <i>Performance Matrix testing Hu Moment model Linier SVM</i>	146

Tabel 4. 25 <i>Performance Matrix testing Hu Moment Model Coarse Gaussian SVM</i>	150
Tabel 4. 26 <i>Testing Hu Moment dengan Model Medium Gaussian SVM</i>	154
Tabel 4. 27 <i>Testing Hu Moment dengan Model Coarse K-Nearest Neighbor (KNN)</i>	158
Tabel 4. 28 <i>Testing Hu Moment dengan Model Cubic K-Nearest Neighbor</i>	162
Tabel 4. 29 <i>Testing Hu Moment dengan Model Medium K-Nearest Neighbor</i>	166
Tabel 4. 30 <i>Testing Zernike Moment dengan Model Linier Support Vector Machine (SVM)</i>	170
Tabel 4. 31 <i>Testing Zernike Moment dengan Model Fine Gaussian Vector Machine (SVM)</i>	174
Tabel 4. 32 <i>Testing Zernike Moment dengan Model Medium Gaussian (SVM)</i>	178
Tabel 4. 33 <i>Testing Zernike Moment dengan Model Coarse K-Nearest Neighbor</i>	182
Tabel 4. 34 <i>Testing Zernike Moment dengan Model Cosine K-Nearest Neighbor</i>	186
Tabel 4. 35 <i>Testing Zernike Moment dengan Model Cubic K-Nearest Neighbor</i>	190
Tabel 4. 36 <i>Testing Gabungan dengan Model Linier Support Vector Machine (SVM)</i>	194
Tabel 4. 37 <i>Testing Gabungan dengan Model Coarse Gaussian SVM</i>	198
Tabel 4. 38 <i>Testing Gabungan dengan Model Coarse Gaussian SVM</i>	202
Tabel 4. 39 <i>Testing Gabungan dengan Model Coarse K-Nearest Neighbor</i>	206
Tabel 4. 40 <i>Testing Gabungan dengan Model Cosine K-Nearest Neighbor</i>	210
Tabel 4. 41 <i>Testing Gabungan dengan Model Weighted K-Nearest Neighbor</i>	214
Tabel 4. 42 Hasil Klasifikasi Terbaik <i>Training</i> Fitur <i>Hu Moment</i>	217
Tabel 4. 43 Hasil Klasifikasi Terbaik <i>Training</i> Fitur <i>Zernike Moment</i>	219
Tabel 4. 44 Hasil Klasifikasi Terbaik <i>Training</i> Fitur Gabungan (<i>Hu Moment + Zernike Moment</i>).....	220
Tabel 4. 45 Hasil Klasifikasi <i>Testing</i> Terbaik Pada Setiap Ekstraksi Fitur dan Metode Klasifikasi.....	221