

**KLASIFIKASI JENIS RETAKAN PADA BETON MENGGUNAKAN
METODE *GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX* DAN *HU MOMENT*
INVARIANT BERBASIS *MACHINE LEARNING***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan untuk Mencapai Derajat Strata-1
Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

**AHMAD FIRDAUS
20180120166**

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

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Firdaus
NIM : 20180120166
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan bahwa naskah tugas akhir dengan judul “**KLASIFIKASI JENIS RETAKAN PADA BETON MENGGUNAKAN METODE *GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX* DAN *HU MOMENT INVARIANT* BERBASIS *MACHINE LEARNING*” adalah hasil karya tulis saya sendiri dan tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana pada perguruan tinggi manapun serta tidak ada karya tulis atau pendapat yang pernah dipublikasikan oleh orang lain, kecuali sumber yang saya sebutkan dalam naskah daftar pustaka pada karya tulis ini.**

Yogyakarta, 2023

Penulis



Ahmad Firdaus

MOTTO

“Waktu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu.”

(HR Muslim)

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya”

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayahnya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitiannya ini yang berjudul “Klasifikasi Jenis Retakan Pada Beton Menggunakan Metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* dan *Hu Moment Invariant* Berbasis *Machine Learning*”. Penelitian ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Peneliti menyadari bahwa dalam menyusun tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang Tua penulis yang telah banyak memberikan semangat dalam bentuk dukungan dan doa.
2. Bapak Ir. Karisma Trinanda Putra, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Yessi Jusman, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu membimbing, menyemangati, mengarahkan, dan memotivasi penulis dalam penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing 2 yang selalu membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis dalam penelitian tugas akhir ini.
5. Tasya Salsabila yang telah membantu dan mengarahkan dalam proses penyusunan tugas akhir saya.
6. Teman – teman Program Studi Teknik Elektro angkatan 2018 yang telah memberikan semangat dan doa dalam penyusunan tugas akhir ini.

7. Teman-teman lab yang telah membantu dan dalam proses penelitian tugas akhir saya.
8. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan secara satu persatu, yang telah memberikan bantuan dan dukungan secara langsung maupun tidak langsung.

Peneliti menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu peneliti mengharapkan kritik, saran, serta bimbingan demi kelancaran dan kemajuan penelitian ini.

Yogyakarta, 2023
penulis



Ahmad Firdaus

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Dasar Teori.....	10
2.2.1 Retakan Beton	10
2.2.2 Pengolahan Citra Digital	10
2.2.3 <i>Machine Learning</i>	13
2.2.4 Metode Ekstraksi.....	14
2.2.5 Metode Klasifikasi	15
2.2.6 ROC.....	17
2.2.8 Matlab (Matrix Laboratory)	19
2.2.9 GUI.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian.....	21
3.2 Perancangan Sistem	23

3.2.1	<i>Preprocessing</i>	24
3.2.2	Ekstraksi Fitur	24
3.2.3	Klasifikasi	29
3.3	Prosedur Penggunaan Clasification Learner	31
3.4	Perancangan GUI	35
3.5	Instrumen Penelitian.....	54
3.5.1	Perangkat Lunak (software)	54
3.5.2	Perangkat Keras (hardware).....	54
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		55
4.1	<i>Preprocessing</i>	55
4.2	Hasil Ekstraksi Fitur.....	56
4.2.1	Ekstraksi Fitur <i>Hu Moment</i>	56
4.2.2	Ekstraksi Fitur <i>Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)</i>	57
4.3	Hasil Klasifikasi	59
4.3.1	Dataset <i>Training SVM Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)</i>	59
4.3.2	Dataset <i>Training KNN Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)</i>	72
4.3.3	Dataset <i>Training SVM Hu Moment</i>	85
4.3.4	Dataset <i>Training KNN Hu Moment</i>	98
4.3.5	Dataset <i>Testing Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)</i>	111
4.3.5.1	<i>Testing Model Fine Gaussian SVM</i>	111
4.3.5.2	<i>Testing model Medium SVM</i>	114
4.3.5.3	<i>Testing Model Quadratic SVM</i>	118
4.3.5.4	<i>Testing Model Coarse KNN</i>	121
4.3.5.5	<i>Testing Model Medium KNN</i>	125
4.3.5.6	<i>Testing Model Weighted KNN</i>	128
4.3.6	Dataset <i>Testing Hu Moment</i>	132
4.3.6.1	<i>Testing Model Coarse SVM</i>	132

4.3.6.2	<i>Testing Model Fine Gaussian SVM</i>	135
4.3.6.3	<i>Testing Model Medium SVM</i>	139
4.3.6.4	<i>Testing Model Coarse KNN</i>	142
4.3.6.5	<i>Testing Model Cubic KNN</i>	146
4.3.6.6	<i>Testing Model Medium KNN</i>	149
4.4	Analisis Perbandingan Performa Terbaik	153
4.4.1.	Analisis Perbandingan Hasil Akurasi <i>Training</i>	153
4.4.2.	Analisis Perbandingan Hasil Akurasi <i>Testing</i>	154
4.5	Implementasi GU	155
BAB V PENUTUP		161
5.1	Kesimpulan	161
5.2	Saran.....	161
DAFTAR PUSTAKA		162

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Citra Dalam Matrix	11
Gambar 2. 2 Sistem Koordinat Untuk Mewakili Citra	11
Gambar 2. 3 Representasi Citra warna dengan kanal warna penyusunnya	12
Gambar 2. 4 Representasi Citra Grayscale	13
Gambar 2. 5 Representasi Citra Biner.....	13
Gambar 2. 6 Machine Learning	14
Gambar 2. 7 Pemisahan dua kelas dengan margin maksimum.....	16
Gambar 2. 8 Ilustrasi klasifikasi KNN	17
Gambar 2. 9 Kurva ROC.....	18
Gambar 2. 10 Confusion Matrix	18
Gambar 3. 1 FlowChart Metode Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian.....	23
Gambar 3. 3 Membuka Data Training di Workspace	32
Gambar 3. 4 Membuka Clasification Learner.....	32
Gambar 3. 5 Memuat Data Training	33
Gambar 3. 6 Mengatur Variabel dan Cross Validation.....	33
Gambar 3. 7 Pilihan Jenis Klasifikasi	34
Gambar 3. 8 pengambilan hasil berupa akurasi, waktu pembelajaran, confusion matrix, ROC, dan export model.....	34
Gambar 4. 1 Gambar Confusion Matrix Fine SVM GLCM	60
Gambar 4. 2 Gambar Confusion Matrix Fine SVM GLCM	61
Gambar 4. 3 Curva ROC Fine SVM GLCM.....	62
Gambar 4. 4 Curva ROC Fine SVM GLCM.....	63
Gambar 4. 5 Confusion Matrix Medium SVM GLCM.....	64
Gambar 4. 6 Confusion Matrix Medium SVM GLCM.....	65
Gambar 4. 7 Curva ROC medium SVM GLCM.....	66
Gambar 4. 8 Curva ROC medium SVM GLCM.....	67

Gambar 4. 9 Confusion Matrix Quadratic SVM GLCM	68
Gambar 4. 10 Confusion Matrix Quadratic SVM GLCM	69
Gambar 4. 11 Curva ROC Quadratic SVM GLCM.....	70
Gambar 4. 12 Curva ROC Quadratic SVM GLCM.....	71
Gambar 4. 13 Confusion Matrix Coarse KNN GLCM.....	73
Gambar 4. 14 Confusion Matrix Coarse KNN GLCM.....	74
Gambar 4. 15 Curva ROC Coarse KNN GLCM.....	75
Gambar 4. 16 Curva ROC Coarse KNN GLCM.....	76
Gambar 4. 17 Confusion Matrix Medium KNN GLCM.....	77
Gambar 4. 18 Confusion Matrix Medium KNN GLCM.....	78
Gambar 4. 19 Curva ROC Medium KNN GLCM	79
Gambar 4. 20 Curva ROC Medium KNN GLCM	80
Gambar 4. 21 Confusion Matrix Weighted KNN GLCM.....	81
Gambar 4. 22 Confusion Matrix Weighted KNN GLCM.....	82
Gambar 4. 23 Curva ROC Weighted KNN GLCM	83
Gambar 4. 24 Curva ROC Weighted KNN GLCM	84
Gambar 4. 25 Confusion Matrix Coarse SVM Hu Moment	86
Gambar 4. 26 Confusion Matrix Coarse SVM Hu Moment	87
Gambar 4. 27 Curva ROC Coarse SVM Hu Moment.....	88
Gambar 4. 28 Curva ROC Coarse SVM Hu Moment.....	89
Gambar 4. 29 Confusion Matrix Fine SVM Hu Moment	90
Gambar 4. 30 Confusion Matrix Fine SVM Hu Moment	91
Gambar 4. 31 Curva ROC Fine SVM Hu Moment.....	92
Gambar 4. 32 Curva ROC Fine SVM Hu Moment.....	93
Gambar 4. 33 Confusion Matrix Medium SVM Hu Moment.....	94
Gambar 4. 34 Confusion Matrix Medium SVM Hu Moment.....	95
Gambar 4. 35 Curva ROC Medium SVM Hu Moment	96
Gambar 4. 36 Curva ROC Medium SVM Hu Moment	97
Gambar 4. 37 Confusion Matrix Coarse KNN Hu Moment	99

Gambar 4. 38 Confusion Matrix Coarse KNN Hu Moment	100
Gambar 4. 39 Curva ROC Coarse KNN Hu Moment.....	101
Gambar 4. 40 Curva ROC Coarse KNN Hu Moment.....	102
Gambar 4. 41 Confusion Matrix Cubic KNN Hu Moment.....	103
Gambar 4. 42 Confusion Matrix Cubic KNN Hu Moment.....	104
Gambar 4. 43 Curva ROC Cubic KNN Hu Moment	105
Gambar 4. 44 Curva ROC Cubic KNN Hu Moment	106
Gambar 4. 45 Confusion Matrix Medium KNN Hu Moment.....	107
Gambar 4. 46 Confusion Matrix Medium KNN Hu Moment.....	108
Gambar 4. 47 Curva ROC Medium KNN Hu Moment	109
Gambar 4. 48 Curva ROC Medium KNN Hu Moment	110
Gambar 4. 49 Hasil Testing Confusion Matrix model Fine SVM GLCM.....	113
Gambar 4. 50 Hasil Testing Confusion Matrix model Fine SVM GLCM.....	114
Gambar 4. 51 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium SVM GLCM.....	116
Gambar 4. 52 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium SVM GLCM.....	117
Gambar 4. 53 Hasil Testing Confusion Matrix model Quadratic SVM GLCM.....	120
Gambar 4. 54 Hasil Testing Confusion Matrix model Quadratic SVM GLCM.....	121
Gambar 4. 55 Hasil Testing Confusion Matrix model Coarse KNN GLCM.....	123
Gambar 4. 56 Hasil Testing Confusion Matrix model Coarse KNN GLCM.....	124
Gambar 4. 57 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium KNN GLCM.....	127
Gambar 4. 58 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium KNN GLCM.....	128
Gambar 4. 59 Hasil Testing Confusion Matrix model Weighted KNN GLCM.....	130
Gambar 4. 60 Hasil Testing Confusion Matrix model Weighted KNN GLCM.....	131
Gambar 4. 61 Hasil Testing Confusion Matrix model Coarse SVM Hu Moment....	134
Gambar 4. 62 Hasil Testing Confusion Matrix model Coarse SVM Hu Moment....	135
Gambar 4. 63 Hasil Testing Confusion Matrix model Fine SVM Hu Moment.....	137
Gambar 4. 64 Hasil Testing Confusion Matrix model Fine SVM Hu Moment.....	138
Gambar 4. 65 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium SVM Hu Moment .	141
Gambar 4. 66 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium SVM Hu Moment .	142

Gambar 4. 67 Hasil Testing Confusion Matrix model Coarse KNN Hu Moment.... 144
Gambar 4. 68 Hasil Testing Confusion Matrix model Coarse KNN Hu Moment.... 145
Gambar 4. 69 Hasil Testing Confusion Matrix model Cubic KNN GLCM..... 148
Gambar 4. 70 Hasil Testing Confusion Matrix model Cubic KNN GLCM..... 149
Gambar 4. 71 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium KNN GLCM..... 151
Gambar 4. 72 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium KNN GLCM..... 152
Gambar 4. 73 Hasil Perbandingan Akurasi Training..... 153
Gambar 4. 74 Hasil perbandingan akurasi testing 154

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rangkuman Tinjauan Pustaka.....	8
Tabel 2. 2 Perhitungan Performance Matrix.....	19
Tabel 3. 1 Program Ekstraksi Gray Level Co-occurunce Matrix.....	24
Tabel 3. 2 Program Ekstraksi Hu Moment.....	25
Tabel 3. 3 Program Untuk Baca Data Training.....	29
Tabel 3. 4 Program Untuk Baca Data Testing	30
Tabel 3. 5 Desain GUI	35
Tabel 3. 6 Pogram GUI.....	38
Tabel 4. 1 Citra Asli dan Hasil Preprocessing	55
Tabel 4. 2 Rata-Rata Standar Deviasi Hasil Ekstraksi Fitur Hu Moment.....	56
Tabel 4. 3 Rata – Rata \pm Standar Deviasi Contrast Hasil Ekstraksi Fitur GLCM	57
Tabel 4. 4 Rata – Rata \pm Standar Deviasi Homogeneity Hasil Ekstraksi Fitur GLCM	57
Tabel 4. 5 Rata – Rata \pm Standar Deviasi Energy Hasil Ekstraksi Fitur GLCM	58
Tabel 4. 6 Rata – Rata \pm Standar Deviasi Correlation Hasil Ekstraksi Fitur GLCM .	58
Tabel 4. 7 Nilai Akurasi dan Time Running SVM GLCM.....	59
Tabel 4. 8 Nilai Akurasi dan Running Time KNN GLCM.....	72
Tabel 4. 9 Hasil Akurasi dan Time Running SVM Hu moment.....	85
Tabel 4. 10 Hasil Akurasi dan Running Time KNN Hu Moment	98
Tabel 4. 11 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Fine Gaussian SVM GLCM.....	111
Tabel 4. 12 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Medium SVM GLCM.....	115
Tabel 4. 13 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Quadratic SVM GLCM.....	118

Tabel 4. 14 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Coarse KNN GLCM	122
Tabel 4. 15 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Medium KNN GLCM	125
Tabel 4. 16 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Weighted KNN GLCM.....	129
Tabel 4. 17 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Coarse SVM Hu Moment	132
Tabel 4. 18 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Fine Gaussian SVM Hu Moment.....	136
Tabel 4. 19 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Medium SVM Hu Moment	139
Tabel 4. 20 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Coarse KNN Hu Moment	143
Tabel 4. 21 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Cubic KNN Hu Moment	146
Tabel 4. 22 Nilai Accuracy, Precision, Recall, Specificity, Fscore model Medium KNN Hu Moment	150
Tabel 4. 23 Implementasi GUI.....	155