

**SISTEM KLASIFIKASI LEVEL KERUSAKAN BETON PADA  
BANGUNAN MENGGUNAKAN *ALGORITMA TRANSFORMASI HAAR*  
*WAVELET* DAN *HU MOMENT* DENGAN *MACHINE LEARNING***

Diajukan guna memenuhi Persyaratan untuk Mencapai Derajat Strata-1  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh:  
Dimas Setiawan  
20180120125**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2023**

## HALAMAN PERNYATAAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas Setiawan

Nomor Induk Mahasiswa : 20180120125

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini, saya menyatakan bahwa penelitian Tugas Akhir saya dengan judul: **“SISTEM KLASIFIKASI LEVEL KERUSAKAN BETON PADA BANGUNAN MENGGUNAKAN *ALGORITMA TRANSFORMASI HAAR WAVELET* DAN *HU MOMENT* DENGAN *MACHINE LEARNING*”** merupakan hasil karya tulis sendiri dan tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana pada Perguruan Tinggi seta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di publikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 2023

Penulis



Dimas Setiawan

NIM. 20180120125

## MOTTO

Jangan terlalu ambil hati dengan ucapan seseorang, kadang manusia punya mulut  
tapi belum tentu punya pikiran

**- Albert Einstein-**

Jangan pergi mengikuti ke mana jalan akan berujung. Buat jalanmu sendiri dan  
tinggalkanlah jejak

**- Ralph Waldo Emerson-**

Amalan yang lebih dicintai Allah adalah amalan yang terus menerus dilakukan  
walaupun sedikit.

**-Nabi Muhammad SAW-**

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-**

“Maka nikmat Tuhan kamu yang mana yang kamu dustakan?”

**-QS Ar-Rahman-**

Jika mereka bisa, maka kamu juga bisa

**-Tarsono-**

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*“Penelitian ini saya persembahkan sebagai bentuk rasa syukur atas nikmat Allah SWT dan sebagai hadiah bagi kedua orang tua saya”*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji syukur penulis hantarkan kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia yang senantiasa ter curahkan kepada setiap makhluk-Nya. Sholawat serta salam tidak lupa kita hantarkan untuk panutan seluruh umat manusia, Rasulullah Muhammad صلى الله عليه وسلم, atas semua jasa beliau dalam memperjuangkan Islam yang hingga kini masih dapat kita rasakan nikmatnya. Alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “SISTEM KLASIFIKASI LEVEL KERUSAKAN BETON PADA BANGUNAN MENGGUNAKAN ALGORITMA TRANSFORASI HAAR WAVELET DAN HU MOMENT DENGAN MACHINE LEARNING.” Tugas akhir ini penulis susun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi Strata-1 (S1) di program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tugas akhir ini dapat terwujud yang tentu saja tidak luput dari bantuan berbagai pihak yang terkait. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta. Terima kasih banyak telah senantiasa memberi nasihat, motivasi dan selalu mendoakan serta senantiasa mengiringi setiap langkah dan perjalanan hidup penulis hingga saat ini.
2. Adik saya yang saya sayangi. Terima kasih telah menjadi penyemangat dalam penulisan tugas akhir saya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Gunawan Budiyo, M.P. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Bapak Ir. Karisma Trinanda Putra, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

6. Ibu Dr. Yessi Jusman, S.T., M.Sc. dan Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan dukungan dengan penuh kesabaran.
7. Ibu Ir. Anna Nur Nazilah Chamim, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat baik dalam tugas akhir ini.
8. Seluruh dosen dan staf Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
9. Teman-teman Teknik Elektro UMY angkatan 2018, terutama kelas D, dan teman-teman dari Program Studi lain yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, yang memberi dukungan dan pengalaman baru selama saya kuliah di UMY.
10. Teman-teman lab yang telah membantu dan mengarahkan dalam proses penelitian tugas akhir saya.
11. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan dan bantuan secara langsung maupun tidak langsung.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan bermanfaat serta menambah pengetahuan bagi pembaca.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 2023

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Dimas Setiawan

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN I</b> .....	<b>II</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN II</b> .....	<b>III</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>IV</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>V</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>VI</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>VII</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>IX</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>XII</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XVII</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>19</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1 Latar Belakang Masalah</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2 Rumusan masalah</b> .....	<b>20</b>
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>21</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>21</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>21</b>
<b>1.6 Sistematika Penulisan</b> .....	<b>22</b>
<b>BAB II</b> .....	<b>23</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1 Tinjauan Pustaka</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2 Dasar Teori</b> .....	<b>35</b>
3.2.1 Retakan Beton .....	35
3.2.2 Citra Digital.....	35
3.2.3 Pengolahan Citra .....	39
3.2.4 <i>Machine Learning</i> .....	40
3.2.5 <i>Transformasi Haar Wavelet</i> .....	41
3.2.6 <i>Hu Moment</i> .....	43
3.2.7 Klasifikasi .....	44

3.2.8 Grafik dan Kurva ROC ( <i>Receiver Operating Characteristics</i> ).....	46
3.2.9 <i>Confusion Matrix</i> .....	47
3.2.10 GUI.....	49
<b>BAB III.....</b>	<b>50</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>50</b>
<b>2.1 Diagram Alur Penelitian .....</b>	<b>50</b>
<b>2.2 Perancangan Sistem .....</b>	<b>52</b>
3.2.1 Pre-Processing .....	54
3.2.2 Ekstraksi .....	55
3.2.3 Klasifikasi .....	59
<b>3.3 Prosedur Menggunakan <i>Classification Learner</i> .....</b>	<b>59</b>
<b>3.4 Program GUI.....</b>	<b>63</b>
<b>3.5 Spesifikasi Perangkat Keras.....</b>	<b>74</b>
<b>BAB IV .....</b>	<b>75</b>
<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>75</b>
<b>4.1 <i>Pre-processing</i> .....</b>	<b>75</b>
<b>4.2 Hasil Ekstraksi Fitur .....</b>	<b>76</b>
4.2.1 Ekstraksi Fitur <i>Haar Wavelet</i> Level 1.....	76
4.2.2 Ekstraksi fitur <i>Haar Wavelet</i> Level 2.....	78
4.2.3 Ekstraksi fitur <i>Hu Moment</i> .....	80
<b>4.3 Hasil Klasifikasi.....</b>	<b>81</b>
4.3.1 Dataset <i>Training Haar Wavelet</i> Level 1 .....	81
4.3.2 Dataset <i>Training Haar Wavelet</i> Level 2 .....	95
4.3.3 Dataset <i>Training Hu Moment</i> .....	109
4.3.4 Dataset <i>Testing Haar Wavelet</i> Level 1 .....	123
4.3.5 Dataset <i>Testing Haar Wavelet</i> Level 2 .....	135
4.3.6 Dataset <i>Testing Hu Moment</i> .....	147
<b>4.4 Analisis Perbandingan Performa Terbaik.....</b>	<b>159</b>
4.4.1 Analisis Perbandingan Hasil Akurasi <i>Training</i> .....	159
4.4.2 Analisis Perbandingan Hasil Akurasi <i>Testing</i> .....	160
<b>4.5 Implementasi GUI.....</b>	<b>161</b>



<b>BAB V.....</b>	<b>168</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>168</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>168</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>168</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>169</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 matriks representasi citra.....	37
Gambar 2. 2 Matriks Raws dan Columnns .....	38
Gambar 2. 3 Citra Digital RGB.....	39
Gambar 2. 4 Grayscale dan Matriksnya.....	39
Gambar 2. 5 Citra Biner Beserta Matriks.....	40
Gambar 2. 6 Cara Kerja Machine Learning.....	41
Gambar 2. 7 Matriks lowpass Haar dan Highpass Haar .....	43
Gambar 2. 8 Matriks Down Sampling .....	43
Gambar 2. 9 Hasil Proses Down Sampling.....	44
Gambar 2. 10 Rumus 7 Moment.....	45
Gambar 2. 11 Grafik ROC untuk Random Performance .....	47
Gambar 2. 12 Kurva ROC.....	48
Gambar 2. 13 Confusion Matriks.....	48
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	51
Gambar 3. 2 Flowchart Perancangan Sistem .....	54
Gambar 3. 3 Membuka data training di workspace .....	61
Gambar 3. 4 Membuka Clasification Learner.....	61
Gambar 3. 5 Memuat data training .....	62
Gambar 3. 6 Mengatur variabel dan cross validation .....	62
Gambar 3. 7 Pilihan jenis klasifikasi.....	63
Gambar 3. 8 Pengambilan hasil train berupa akurasi, waktu, confusion matrix, ROC, dan export model .....	63
Gambar 3. 9 Tampilan GUI .....	64
Gambar 4. 1 Hasil Perbandingan Akurasi Training.....	161
Gambar 4. 2 Hasil Perbandingan Akurasi Testing.....	162

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terkait .....	30
Tabel 2. 2 Perhitungan Performance Matrix .....	49
Tabel 4. 1 Citra Asli dan Citra Hasil Pre-processing .....	76
Tabel 4. 2 Ekstraksi Fitur Haar Wavelet Level 1 .....	77
Tabel 4. 3 Rata-rata dan Standard Deviation Haar Wavelet Level 1 .....	78
Tabel 4. 4 Ekstraksi Fitur Haar Wavelet Level 2 .....	79
Tabel 4. 5 Rata-rata dan Standard Deviation Haar Wavelet Level 2 .....	80
Tabel 4. 6 Ekstraksi Fitur Hu Moment .....	81
Tabel 4. 7 Rata-rata dan Standard Deviation Hu Moment .....	81
Tabel 4. 8 Training model Quadratic SVM dan Cubic SVM Haar Wavelet level 1 .....	82
Tabel 4. 9 Confusion Matrix Quadratic SVM Haar Wavelet level 1 .....	83
Tabel 4. 10 Curva ROC model Quadratic SVM Haar Wavelet level 1 .....	85
Tabel 4. 11 Confusion Matrix Cubic SVM Haar Wavelet level 1 .....	86
Tabel 4. 12 Curva ROC model Cubic SVM Haar Wavelet level 1 .....	88
Tabel 4. 13 Training model Fine Tree dan Medium Tree Haar Wavelet level 1 .....	89
Tabel 4. 14 Confusion Matrix Fine Tree Haar Wavelet level 1 .....	90
Tabel 4. 15 Curva ROC model Fine Tree Haar Wavelet level 1 .....	92
Tabel 4. 16 Confusion Matrix Medium Tree Haar Wavelet level 1 .....	93

Tabel 4. 17 Curva ROC model Medium Tree Haar Wavelet level 1.....	95
Tabel 4. 18 Training model Quadratic SVM dan Cubic SVM Haar Wavelet level 2.....	96
Tabel 4. 19 Confusion Matrix Quadratic SVM Haar Wavelet level 2.....	97
Tabel 4. 20 Curva ROC model Quadratic SVM Haar Wavelet level 2.....	99
Tabel 4. 21 Confusion Matrix Cubic SVM Haar Wavelet level 2.....	100
Tabel 4. 22 Curva ROC model Cubic SVM Haar Wavelet level 2.....	102
Tabel 4. 23 Training model Fine Tree dan Medium Tree Haar Wavelet level 2.....	103
Tabel 4. 24 Confusion Matrix Fine Tree Haar Wavelet level 2.....	104
Tabel 4. 25 Curva ROC model Fine Tree Haar Wavelet level 2.....	106
Tabel 4. 26 Confusion Matrix model Medium Tree Haar Wavelet level 2.....	107
Tabel 4. 27 Curva ROC model Medium Tree Haar Wavelet level 2.....	109
Tabel 4. 28 Training model Fine Gaussian SVM dan Medium Gaussian SVM Hu Moment.....	110
Tabel 4. 29 Confusion matrix model Fine Gaussian SVM Hu Moment.....	111
Tabel 4. 30 Curva ROC model Fine Gaussian SVM Hu Moment.....	113
Tabel 4. 31 Confusion matrix model Medium Gaussian SVM Hu Moment.....	114
Tabel 4. 32 Curva ROC model Medium Gaussian SVM Hu Moment.....	116

Tabel 4. 33 Training model Fine Tree dan Medium Tree Hu Moment .....	117
Tabel 4. 34 Confusion Matrix model Fine Tree Hu Moment .....	118
Tabel 4. 35 Curva ROC model Fine Tree Hu Moment.....	120
Tabel 4. 36 Confusion Matrix model Medium Tree Hu Moment.....	121
Tabel 4. 37 Curva ROC model Medium Tree Hu Moment .....	123
Tabel 4. 38 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Quadratic SVM Haar Wavelet level 1.....	124
Tabel 4. 39 Hasil Testing Confusion Matrix model Quadratic SVM Haar Wavelet level 1 .....	126
Tabel 4. 40 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Cubic SVM Haar Wavelet level 1 .....	127
Tabel 4. 41 Hasil Testing Confusion Matrix model Cubic SVM Haar Wavelet level 1 .....	129
Tabel 4. 42 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Fine Tree Haar Wavelet level 1.....	130
Tabel 4. 43 Hasil Testing Confusion Matrix model Fine Tree Haar Wavelet level 1 .....	132
Tabel 4. 44 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Medium Tree Haar Wavelet level 1 .....	133
Tabel 4. 45 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium Tree Haar Wavelet level 1.....	135
Tabel 4. 46 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Quadratic SVM Haar Wavelet level 2.....	136
Tabel 4. 47 Hasil Testing Confusion Matrix model Quadratic Haar Wavelet level 2.....	138
Tabel 4. 48 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Cubic SVM Haar Wavelet level 2.....	139

Tabel 4. 49 Hasil Testing Confusion Matrix model Cubic SVM Haar Wavelet level 2 .....	141
Tabel 4. 50 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Fine Tree Haar Wavelet level 2.....	142
Tabel 4. 51 Hasil Testing Confusion Matrix model Fine Tree Haar Wavelet level 2.....	144
Tabel 4. 52 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Medium Tree Haar Wavelet level 2 .....	145
Tabel 4. 53 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium Tree Haar Wavelet level 2.....	147
Tabel 4. 54 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Fine Gaussian SVM Hu Moment .....	148
Tabel 4. 55 Hasil Testing Confusion Matrix model Fine Gaussian SVM Hu Moment .....	150
Tabel 4. 56 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Medium Gaussian SVM Hu Moment.....	151
Tabel 4. 57 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium Gaussian SVM Hu Moment .....	153
Tabel 4. 58 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Fine Tree Hu Moment .....	154
Tabel 4. 59 Hasil Testing Confusion Matrix model Fine Tree Hu Moment .....	156
Tabel 4. 60 Nilai accuracy, precision, recall, specificity, dan fscore model Medium Tree Hu Moment.....	157
Tabel 4. 61 Hasil Testing Confusion Matrix model Medium Tree Hu Moment.....	159
Tabel 4. 62 Implementasi GUI.....	163