

TUGAS AKHIR

KLASIFIKASI JENIS RETAKAN PADA BETON MENGUNAKAN ALGORITMA *HISTOGRAM OF GRADIENTS* DAN *MACHINE LEARNING*

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



Disusun oleh:

Makrufiah Sakatri

20180120129

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

2022

TUGAS AKHIR

**KLASIFIKASI JENIS RETAKAN PADA BETON
MENGUNAKAN ALGORITMA *HISTOGRAM OF
GRADIENTS* DAN *MACHINE LEARNING***



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Makrufiah Sakatri
NIM : 20180120129
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini menyatakan bahwa naskah penelitian tugas akhir “Klasifikasi Jenis Retakan pada Beton Menggunakan Algoritma *Histogram of Gradients* dan *Machine Learning*” merupakan karya tulis saya sendiri tanpa campur tangan dari orang lain dan juga tidak terdapat karya tulis yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi. Dengan sepengetahuan saya tidak terdapat seorang pun yang pernah menulis karya tulis tersebut, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 21 April 2022



Makrufiah Sakatri

SURAT PERNYATAAN PENELITIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Makrufiah Sakatri
NIM : 20180120129
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian tugas akhir dengan judul:
"KLASIFIKASI JENIS RETAKAN PADA BETON MENGGUNAKAN ALGORITMA *HISTOGRAM OF GRADIENTS* DAN *MACHINE LEARNING*" yang didaftarkan untuk Yudisium periode 2021/2022 merupakan penelitian payung dosen pembimbing penulis dari penelitiannya yang telah lulus didanai Kementerian Riset dan Teknologi dan Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEK DIKTI) dengan judul:

"DETEKSI LEVEL KOROSI PADA STRUKTUR BETN BERTULANG BERBASIS NDT DAN SISTEM CERDAS UNTUK Mendukung TEKNOLOGI BERKELANJUTAN"

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing,

Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc, Ph.D.
NIK. 19841104201906123108

Yogyakarta, 13 Juli 2022

Yang menyatakan,

Makrufiah Sakatri
NIM. 20180120129

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Klasifikasi Jenis Retakan pada Beton Menggunakan Algoritma *Histogram of Gradients* dan *Machine Learning*”. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Sallallahu 'Alaihi Wassalam yang telah membawa umat manusia dari jaman kegelapan menuju jaman yang terang benderang seperti saat ini.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat menyelesaikan Pendidikan di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun dalam proses menyusun tugas akhir ini terdapat peran orang dan lingkungan sekitar dalam menyelesaikan tugas akhir ini hingga selesai. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Suparto dan Ibu Andi Nitha Nahfiah Thambas yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan semangat.
2. Saudari-saudari kandung penulis Sethari Rumantika dan Nurbi Wengkuthami yang selalu memberikan semangat.
3. Bapak Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang selalu memberi penulis dukungan belajar di bangku perkuliahan dan program-program belajar di luar bangku perkuliahan.
4. Ibu Dr. Yessi Jusman, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing I yang selalu sabar mendidik dan semangat memberi dukungan ilmu hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc, Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang memberi arahan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Maryza Intan Rahmawati, Nanang Kurniawan dan Wikan Tyassari yang telah membantu penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

7. Iga Mawarni, Bestari Ningrum, Deta Armelya, Indri Lestari, Yasinta Dwi Nurlina, kakak tingkat dan teman-teman seperjuangan penulis yang tidak bisa sebutkan satu persatu. Terima kasih telah menghibur, mendukung dan membantu penulis sejak awal di bangku perkuliahan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta hingga selesai.

Akhir kata, penulis menyadari bahwasanya tugas akhir ini tidak dapat dibuat sempurna. Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat di dunia ilmu pengetahuan dan pembaca. Terima Kasih.

Yogyakarta, 21 April 2022

Penulis



MOTTO

○...يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ... ○

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. (QS Al-Mujadilah [58]: 11)

○...اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ . الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ . عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ○

Bacalah, dan Tuhanmulah yang Maha Pemurah. Yang mengajar manusia dengan pena, mengajar manusia apa yang tidak diketahuinya (QS Al-'Alaq [96]: 3-5).

○ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ○

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. (QS Al-'Alaq [94]: 5).

○...لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا... ○

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. (QS Al-Baqarah [2]: 286).



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN I	ii
HALAMAN PENGESAHAN II	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
SURAT PERNYATAAN PENELITIAN SKRIPSI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I	1
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 Penulisan	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	15
2.2.1 Retakan Beton	15
2.2.2 Citra Digital	17
2.2.3 Pengolahan Citra Digital	20
2.2.4 <i>Machine Learning</i>	21
2.2.5 <i>Histogram Equalization</i>	23
2.2.6 Ekstraksi Ciri HOG	25
2.2.7 Klasifikasi	30
2.2.8 ROC	32
2.2.9 <i>Confusion Matrix</i>	33
2.2.10 Matlab 2020a	34
BAB III	36
METODE PENELITIAN	36
3.1 Diagram Alir Penelitian	36
3.2 Instrumen Penelitian	64
BAB IV	65
HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 <i>Guide User Interface</i>	65
4.2 Hasil <i>Pre-processing</i>	73
4.2.1 Pemilihan Data Citra	73
4.2.2 <i>Enhancement</i>	75

4.3 Ekstraksi fitur	76
4.3.1 Kualitatif.....	77
4.3.2 Kuantatif	78
4.4 <i>Training Data</i>	80
4.4.1 Dataset 1 (HOG 1).....	80
4.4.2 Dataset 2 (HOG 2).....	112
4.4.3 Dataset 3 (HOG Gabungan)	144
4.5 <i>Testing Data</i>	176
4.5.1 Dataset 1 (HOG 1).....	176
4.5.2 Dataset 2 (HOG 2).....	197
4.4.3 Dataset 3 (HOG Gabungan)	219
4.6 Analisis Hasil Model.....	241
BAB V.....	246
KESIMPULAN DAN SARAN.....	246
5.1 Kesimpulan	246
5.2 Saran.....	247
DAFTAR PUSTAKA	248

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Matriks pada <i>row</i> dan <i>column</i> ilustrasi citra digital	18
Gambar 2. 2 Ilustrasi citra digital RGB beserta matriksnya	19
Gambar 2. 3 Ilustrasi citra indeks beserta matriksnya	19
Gambar 2. 4 Ilustrasi citra <i>grayscale</i> beserta matriksnya	20
Gambar 2. 5 Ilustrasi citra biner beserta matriksnya.....	20
Gambar 2. 6 Ilustrasi alur kerja <i>Machine Learning</i>	21
Gambar 2. 7 Histogram suatu citra	24
Gambar 2. 8 Histogram suatu citra yang baru.....	25
Gambar 2. 9 <i>Hyperlane</i> dan jarak pada <i>Support Vector Machine</i>	31
Gambar 2. 10 Ilustrasi pembagian <i>cluster</i> pada algoritma KNN.....	32
Gambar 2. 11 Ilustrasi blok <i>ROC curves</i>	32
Gambar 2. 12 Keterangan <i>confusion matrix</i>	33
Gambar 2. 13 Demonstrasi aplikasi Matlab untuk <i>Artificial Intelligence</i>	35
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> metode penelitian.....	36
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> metode perancangan sistem.....	38
Gambar 3. 3 Alur <i>pre-pocessing</i>	40
Gambar 3. 4 Alur ekstraksi fitur	42
Gambar 3. 5 Contoh salah satu hasil ekstraksi fitur pada Microsoft excel (Dataset 1, 216 kolom fitur dan 1 kolom target)	44
Gambar 3. 6 Alur <i>training data</i>	45
Gambar 3. 7 Alur <i>testing data</i>	50
Gambar 4. 1 Kelas-kelas citra permukaan beton: (a) dan (b) citra retak; (c) dan (d) citra non-retak	74
Gambar 4. 2 Hasil konversi citra dan histogramnya (a) citra original, (b) citra <i>grayscale</i> , (c) citra histeq	75
Gambar 4. 3 Diagram visualisasi rata-rata akurasi training model.....	241
Gambar 4. 5 Diagram visualisasi <i>performance matrix</i> model akurasi tertinggi HOG 1	242
Gambar 4. 6 Diagram visualisasi <i>performance matrix</i> model akurasi tertinggi HOG 2	243
Gambar 4. 7 Diagram visualisasi <i>performance matrix</i> model akurasi tertinggi HOG Gabungan.....	244

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terkait	10
Tabel 2. 2 Tabel perhitungan nilai level keabuan akhir atau baru pada suatu citra	25
Tabel 2. 3 Penelitain terkait menggunakan metode HOG.....	27
Tabel 2. 4 Tabel rumus-rumus <i>performance matrix</i>	34
Tabel 3. 1 <i>Script</i> perintah konversi citra pada Matlab	40
Tabel 3. 2 Alur ekstraksi fitur	43
Tabel 3. 3 Langkah <i>training</i> data pada Matlab	46
Tabel 3. 4 Langkah <i>testing</i> data pada Matlab	50
Tabel 3. 5 Langkah membuat GUI baru	52
Tabel 3. 6 Script fungsi tiap <i>button</i> pada GUI yang telah dibuat.....	54
Tabel 4. 1 Petunjuk dan hasil interaksi GUI	66
Tabel 4. 2 Hasil ekstraksi fitur citra permukaan beton	77
Tabel 4. 3 Hasil kuantitatif ekstraksi fitur citra dataset 1	78
Tabel 4. 4 Hasil kuantitatif ekstraksi fitur citra dataset 2	78
Tabel 4. 5 Hasil kuantitatif ekstraksi fitur citra dataset 3	79
Tabel 4. 6 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 1 dengan Fine KNN	80
Tabel 4. 7 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 1 dengan Fine KNN	84
Tabel 4. 8 Akurasi model dan <i>training time</i> dataset 1 dengan Medium KNN.....	86
Tabel 4. 9 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 1 dengan Medium KNN.....	89
Tabel 4. 10 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 1 dengan Cosine KNN.....	92
Tabel 4. 11 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 1 dengan Cosine KNN	94
Tabel 4. 12 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 1 dengan Cubic SVM.....	97
Tabel 4. 13 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 1 dengan Cubic SVM.....	99
Tabel 4. 14 Akurasi dan <i>training time</i> model dataset 1 dengan Medium Guassian SVM	102
Tabel 4. 15 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 1 dengan Medium Guassian SVM	104
Tabel 4. 16 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 1 dengan Quadratic SVM	107
Tabel 4. 17 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 1 dengan Quadratic SVM.....	110
Tabel 4. 18 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 2 dengan Fine KNN	113
Tabel 4. 19 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 2 dengan Fine KNN	115
Tabel 4. 20 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 2 dengan Medium KNN.....	118
Tabel 4. 21 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 2 dengan Medium KNN.....	120
Tabel 4. 22 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 2 dengan Cosine KNN.....	123
Tabel 4. 23 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 2 dengan Cosine KNN	126
Tabel 4. 24 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 2 dengan Cubic SVM.....	128
Tabel 4. 25 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 2 dengan Cubic SVM.....	131
Tabel 4. 26 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 2 dengan Medium Guassian SVM	134
Tabel 4. 27 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 2 dengan Medium Guassian SVM	136
Tabel 4. 28 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 2 dengan Quadratic SVM	139
Tabel 4. 29 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 2 dengan Quadratic SVM.....	142

Tabel 4. 30 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 3 dengan Fine KNN	145
Tabel 4. 31 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 3 dengan Fine KNN	147
Tabel 4. 32 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 3 dengan Medium KNN.....	150
Tabel 4. 33 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 3 dengan Medium KNN.....	152
Tabel 4. 34 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 3 dengan Cosine KNN	155
Tabel 4. 35 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 3 dengan Cosine KNN	158
Tabel 4. 36 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 3 dengan Cubic SVM.....	160
Tabel 4. 37 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 3 dengan Cubic SVM.....	163
Tabel 4. 38 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 3 dengan Medium Guassian SVM	166
Tabel 4. 39 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 3 dengan Medium Guassian SVM	168
Tabel 4. 40 Akurasi dan <i>training time</i> dataset 3 dengan Quadratic SVM	171
Tabel 4. 41 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 3 dengan Quadratic SVM.....	174
Tabel 4. 42 <i>Confusion matrix</i> dan ROC dataset 1 dengan Fine KNN	177
Tabel 4. 43 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 1 dengan Medium KNN	180
Tabel 4. 44 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 1 dengan Cosine KNN	183
Tabel 4. 45 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 1 dengan Cubic SVM	186
Tabel 4. 46 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 1 dengan Medium Guassian SVM	190
Tabel 4. 47 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 1 dengan Quadratic SVM.....	194
Tabel 4. 48 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 2 dengan Fine KNN	198
Tabel 4. 49 <i>Confusion matrix</i> dan <i>Performance matrix</i> dataset 2 dengan Medium KNN	201
Tabel 4. 50 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 2 dengan Cosine KNN	205
Tabel 4. 51 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 2 dengan Cubic SVM	209
Tabel 4. 52 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 2 dengan Medium Guassian SVM	213
Tabel 4. 53 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 2 dengan Quadratic SVM	216
Tabel 4. 54 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 3 dengan Fine KNN	220
Tabel 4. 55 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 3 dengan Medium KNN	223
Tabel 4. 56 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 3 dengan Cosine KNN	227
Tabel 4. 57 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 3 dengan Cubic SVM.....	230

Tabel 4. 58 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 3 dengan Medium Guassian SVM	234
Tabel 4. 59 <i>Confusion matrix</i> dan <i>performance matrix</i> dataset 3 dengan Quadratic SVM	238