

**SISTEM DETEKSI KERUSAKAN KERAMIK *TABLEWARE*
MENGUNAKAN *MORPHOLOGICAL ENHANCEMENT* DAN
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

Tesis
untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2 Program Studi
Magister Sistem Informasi



Novita Rahmayuna
30000319410034

SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2022

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**SISTEM DETEKSI KERUSAKAN KERAMIK *TABLEWARE*
MENGUNAKAN *MORPHOLOGICAL ENHANCEMENT* DAN
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

Oleh:

Novita Rahmayuna
30000319410034

Telah diujikan dan dinyatakan lulus ujian tesis pada tanggal 27 Desember 2022 oleh tim penguji Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.


Semarang, 27 Desember 2022
Mengetahui,

Penguji I



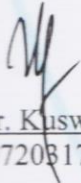
Dr. Eng. Wahyul Amien Syafei, ST., MT.
NIP. 197112181995121001

Penguji II



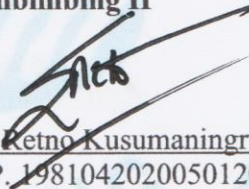
Dr. Budi Warsito, S.Si., M.Si.
NIP. 197508241999031003

Pembimbing I



Prof. Dr. Kusworo Adi, S.Si., MT.
NIP. 197206171998021001

Pembimbing II



Dr. Retno Kusumaningrum, S.Si., M.Kom.
NIP. 198104202005012001

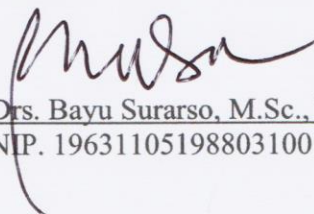
Mengetahui :

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro



Dr. S. B. Setiarto, S.H., M.Hum
NIP. 196701011991031005

Ketua Program Studi
Magister Sistem Informasi



Drs. Bayu Surarso, M.Sc., Ph.D
NIP. 196311051988031001

PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Novita Rahmayuna
NIM : 30000319410034
Program Studi : Magister Sistem Informasi
Orogram : Sekolah Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

SISTEM DETEKSI KERUSAKAN KERAMIK *TABLEWARE*
MENGGUNAKAN *MORPHOLOGICAL ENHANCEMENT* DAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 15 Desember 2022

Yang menyatakan



Novita Rahmayuna

30000319410034

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 15 Desember 2022



Novita Rahmayuna

Kata Pengantar

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, penulis memanjatkan puja dan puji syukur atas limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Sistem Deteksi Kerusakan Keramik *Tableware* Menggunakan *Morphological Enhancement* Dan *Convolutional Neural Network*” dengan semaksimal mungkin. Tesis ini disusun sebagai pemenuhan salah satu syarat menyelesaikan studi serta memperoleh gelar Magister Komputer (M.Kom) pada Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Selesainya penulisan Tesis ini tak lepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak, baik materi maupun teknis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Kusworo Adi, S.Si., M.T. selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan serta motivasi kepada penulis selama penyusunan Tesis ini.
2. Ibu Dr. Retno Kusumaningrum, S.Si., M.Kom. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan motivasi kepada penulis selama penyusunan Tesis ini.
3. Bapak Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum. selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
4. Bapak Drs. Bayu Surarso, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang.
5. Ibu Dr. Oky Dwi Nurhayati, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang.
6. Orang Tua saya tercinta, H. Yun Hardono, S.E., dan Dr. Dra. Hj. Cicik Harini, M.M., yang telah memberi dukungan moril dan materiil.
7. Kakak tercinta Ir. Chandra Wibisono, S.T., IPP., dan Tesha Amadea, atas do’a dan dukungannya.

8. Dan semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Dengan segala kerendahan hati, penulis sepenuhnya menyadari masih terdapat banyak kekurangan dari segi kualitas maupun kuantitas dan juga dari segi ilmu pengetahuan yang dimiliki penulis dalam penyusunan Tesis, sehingga penulis mengharapkan sekiranya ada kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian di masa mendatang.

Akhir kata, apabila sekiranya masih terdapat kata-kata yang kurang berkenan, penulis mengucapkan permohonan maaf yang sebesar-besarnya.

Semarang, 6 Desember 2022

Penulis



Novita Rahmayuna

Daftar Isi

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	iii
Halaman Pernyataan.....	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel.....	x
Daftar Lampiran	xi
Daftar Arti Lambang dan Singkatan	xii
Abstrak	xiv
<i>Abstract</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	5
1.3. Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.2. Dasar Teori	8
2.2.1. Kualitas Produk.....	8
2.2.2. Pengolahan Citra Digital.....	8
2.2.3. <i>Morphological Enhancement</i>	11
2.2.4. Analisis Pengukuran Bentuk Objek	13
2.2.5. <i>Convolutional Neural Network</i>	13
2.2.6. <i>Optimizer</i>	17
2.2.7. <i>Confusion Matrix</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1. Bahan dan Alat Penelitian	21
3.1.1. Bahan Penelitian	21
3.1.2. Alat Penelitian.....	22

3.2. Prosedur Penelitian	23
3.2.1. Identifikasi Masalah.....	23
3.2.2. Studi Literatur	23
3.2.3. Pengumpulan Data.....	24
3.2.4. Perancangan Sistem	24
3.2.5. Pengujian dan Analisis Sistem.....	25
3.3. Kerangka Sistem.....	25
3.4. Pengumpulan Data.....	26
3.5. Konversi Video Menjadi Citra.....	27
3.6. <i>Preprocessing</i> Citra	27
3.7. ROI Citra	29
3.8. Augmentasi Data	30
3.9. Pembagian Data	31
3.10. Pelatihan	32
3.11. Pengujian	34
3.12. Evaluasi.....	34
3.13. Deteksi Letak Kerusakan.....	37
3.14. Perhitungan Tingkat Kerusakan	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Hasil Penelitian.....	40
4.1.1. Data Penelitian	40
4.1.2. Antarmuka	40
4.2. Pembahasan	43
4.2.1. Skenario Pengujian	43
4.2.2. Hasil dan Analisis	45
4.2.3. Pengujian dan Analisis Kinerja Berdasarkan Parameter Terbaik ...	54
4.3. Keterbatasan Sistem.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
DAFTAR LAMPIRAN	63

Daftar Gambar

	Halaman
Gambar 2.1 Representasi Citra RGB	9
Gambar 2.2 (a) Hasil Operasi Dilasi; (b) Hasil Operasi Erosi	12
Gambar 2.3 Arsitektur CNN	14
Gambar 2.4 Arsitektur AlexNet	16
Gambar 2.5 <i>Confusion Matrix</i>	19
Gambar 3.1 Sampel Citra Keramik (a) Kelas A, (b) Kelas C, (c) Kelas S, (d) Kelas X	21
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian Tesis.....	23
Gambar 3.3 Desain Akuisisi Sistem.....	24
Gambar 3.4 Kerangka Sistem Informasi.....	26
Gambar 3.5 Sampel Pengambilan <i>Frame</i> Pada Video.....	27
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses <i>Preprocessing</i> Citra.....	28
Gambar 3.7 (a) Citra Asli, (b) Citra Segmentasi.....	29
Gambar 3.8 Diagram Alir Proses ROI Citra	29
Gambar 3.9 (a) Citra Segmentasi, (b) Citra ROI.....	30
Gambar 3.10 (a) Citra Rotasi 0°, (b) Citra Rotasi 90°, (c) Citra Rotasi 180°, (d) Citra Rotasi 270°.....	31
Gambar 3.11 Contoh <i>Confusion Matrix</i>	35
Gambar 3.12 Citra Biner Hasil Morfologi	39
Gambar 4.1 Halaman Awal Sistem.....	40
Gambar 4.2 Halaman Simulasi.....	41
Gambar 4.3 Halaman Pelatihan dan Pengujian.....	42
Gambar 4.4 Skenario Pengujian.....	43
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Parameter <i>Solver</i> Terhadap Nilai Akurasi	46
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Parameter <i>Mini Batch Size</i> Terhadap Nilai Akurasi	47
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Parameter <i>Learning Rate</i> Terhadap Nilai Akurasi	48
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Parameter <i>Solver</i> Terhadap Nilai Akurasi	50
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Parameter <i>Mini Batch Size</i> Terhadap Nilai Akurasi	51
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Parameter <i>Learning Rate</i> Terhadap Nilai Akurasi	52
Gambar 4.11 Perbandingan Penggunaan <i>Preprocessing Morphological Enhancement</i> Terhadap Akurasi.....	53
Gambar 4.12 <i>Confusion Matrix</i> Model Terbaik.....	55

Daftar Tabel

	Halaman
Tabel 1.1 Persentase Kerusakan Produk Periode Oktober 2020 – Januari 2021	2
Tabel 1.2 Jumlah Pengaduan Pelanggan Periode Januari – Maret 2021	2
Tabel 2.1 Komposisi Arsitektur AlexNet.....	16
Tabel 3.1 Kriteria Klasifikasi Kecacatan Keramik <i>Tableware</i>	22
Tabel 3.2 Tabel Arsitektur AlexNet.....	32
Tabel 3. 3 Kombinasi Parameter Pelatihan Model AlexNet	33
Tabel 3.4 Hasil Deteksi Letak Kerusakan.....	38

Daftar Lampiran

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Percobaan Pemodelan CNN Berdasarkan <i>Dataset Non-Preprocessing</i>	63
Lampiran 2. Hasil Percobaan Pemodelan CNN Berdasarkan <i>Dataset Preprocessing</i>	64

Daftar Arti Lambang dan Singkatan

DAFTAR ARTI LAMBANG

Lambang	Arti Lambang
$f(i, j)$	Piksel objek dalam citra.
$F(x)$	Nilai dalam matriks.
$p(x, y)$	nilai piksel pada kanal <i>grayscale</i> .
$R(x, y)$	nilai piksel pada kanal <i>red</i> .
$G(x, y)$	nilai piksel pada kanal <i>green</i> .
$B(x, y)$	nilai piksel pada kanal <i>blue</i> .
$g(x, y)$	nilai piksel pada kanal <i>biner</i> .
T	nilai ambang (<i>threshold</i>).
$h(i, j)$	piksel objek dalam citra.
g	gradien yang dihitung.
m_t	momen pertama gradien g .
v_t	momen kedua gradien g .
\tilde{m}_t	koreksi offset m_t .
\tilde{v}_t	koreksi offset v_t .
ε	laju pembelajaran.
μ	koefisien momentum..
$\nabla z(\theta)$	gradien pada θ_t .

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan Singkatan
ADAM	<i>Adaptive Moment</i>
AI	<i>Artificial Intelligence</i>
CLAHE	<i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i>
CNN	<i>Convolution Neural Network</i>
EL	<i>Electroluminescence</i>
FN	<i>False Negative</i>
FP	<i>False Positive</i>
FPS	<i>Frame per Rate</i>
GUI	<i>Graphic User Interface</i>
HSV	<i>Hue, Saturation, Value</i>

LSTM	<i>Long short-term memory</i>
MLP	<i>Multi-layer Perceptron</i>
PV	<i>Photo-Voltaic</i>
QC	<i>Quality Control</i>
ReLU	<i>Rectified Linear Units</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
ROI	<i>Region Of Interest</i>
SGDM	<i>Stochastic Gradient Descent with Momentum</i>
TN	<i>True Negative</i>
TP	<i>True Positive</i>

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi dengan adanya kesalahan yang dilakukan dalam proses pemeriksaan fisik pada keramik *tableware*. Hal ini disebabkan karena faktor *human-error* yang dilakukan oleh manusia. Salah satu cara untuk menangani permasalahan tersebut yaitu dengan memanfaatkan teknologi komputer untuk mengenali kerusakan pada keramik *tableware*. Pengolahan citra digital dapat diterapkan untuk menangani permasalahan ini. Objek penelitian diambil langsung di PT. Sango Internasional Semarang dengan kriteria keramik *tableware* dalam bentuk piring dan berwarna putih. Penelitian ini mengusulkan metode *morphological enhancement* dan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi letak dan jenis kerusakan yang ada pada keramik *tableware*. Data sejumlah 56 video dengan empat jenis kondisi kerusakan digunakan pada penelitian ini. Kinerja model yang dihasilkan diukur menggunakan akurasi klasifikasi. Proses pelatihan dilakukan dengan menggunakan kombinasi parameter CNN yaitu *solver* dengan nilai SGDM dan ADAM, *mini batch size* dengan nilai 32, 64 dan 128, serta *learning rate* dengan nilai 0.0001, 0.00001, dan 0.000001. Model terbaik didapatkan dengan parameter *solver* ADAM, parameter *mini batch size* dengan ukuran 32 dan parameter *learning rate* dengan nilai 0.00001. Model ini menghasilkan akurasi sistem sebesar 99,82%. Selain itu, letak kerusakan ditandai dengan *bounding box* pada kerusakan yang ada pada keramik *tableware* dan tingkat kerusakan sistem dihitung berdasarkan luasan area keramik *tableware*.

Kata Kunci : *Convolutional Neural Network*, *deep learning*, *morphological enhancement*, deteksi kerusakan

Abstract

This research is motivated by the existence of errors made in the physical examination process on ceramic tableware. This is due to the human-error factor committed by humans. One way to deal with this problem is to use computer technology to identify damage to ceramic tableware. Digital image processing can be applied to deal with this problem. The object of research is taken directly at PT. Sango Internasional Semarang with the criteria of ceramic tableware in the form of plates and white. This study proposes morphological enhancement and Convolutional Neural Network (CNN) methods to detect the location and type of damage on ceramic tableware. A total of 56 videos with four types of damage conditions were used in this study. The performance of the resulting model is measured using classification accuracy. The training process is carried out using a combination of CNN parameters, namely solver with values of SGDM and ADAM, mini batch size with values of 32, 64 and 128, and learning rate with values of 0.0001, 0.00001, and 0.00001. The best model was obtained with the ADAM solver parameter, the mini batch size parameter with a size of 32 and the learning rate parameter with a value of 0.00001. This model produces a system accuracy of 99,82%. In addition, the location of the damage is indicated by a bounding box on the existing damage to the ceramic tableware and the level of system damage is calculated based on the area of the ceramic tableware.

Keyword : Convolutional Neural Network, deep learning, morphological enhancement, defect detection