

Komputasi Visual (Visual Computing)

**KLASIFIKASI CITRA TINGKAT KEMATANGAN JERUK
MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK DENGAN IMAGE PROCESSING HE DAN CLAHE**

SKRIPSI



Oleh :

MOCHAMMAD FAISAL NUR SAYYID

[18081010104]

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2023

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

Judul : **KLASIFIKASI CITRA TINGKAT KEMATANGAN JERUK
MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK DENGAN IMAGE PROCESSING HE DAN CLAHE**

Oleh : **Mochammad Faisal Nur Sayyid**

NPM : **18081010104**

Telah Diseminarkan Dalam Ujian Skripsi Pada :
Hari Jum'at, Tanggal 05 Januari 2024

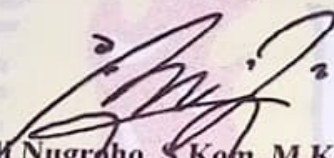
Menyetujui:

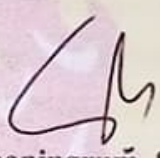
Dosen Pembimbing

Dosen Penguji

1.

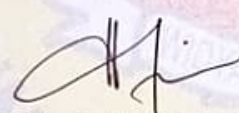
1.

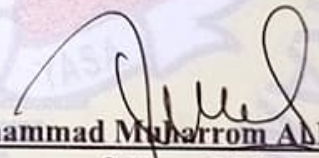

Budi Nugroho, S.Kom, M.Kom
NIP. 19800907 2021211 005


Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom, M.Kom
NIP. 19890705 2021212 002

2.

2.


Afina Lina Nurlaili, S.Kom, M.Kom
NIP. 19931213 2022032 010

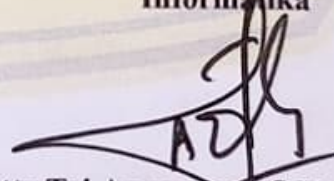

Muhammad Muharrom Al Haromainy,
S.Kom, M.Kom
NIP. 19950601 202203 1006

Mengetahui:


**Dekan
Fakultas Ilmu Komputer**

**Koordinator Program Studi
Informatika**


Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T.
NIP. 19681126 199403 2 001


Fetty Tri Anggraeni, S.Kom, M.Kom
NIP. 19820211 2021212 005

SURAT KETERANGAN ANTI PLAGIAT

Saya, mahasiswa Program Studi Informatika UPN "Veteran" Jawa Timur,
yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Mochammad Faisal Nur Sayyid

NPM : 18081010104

Menyatakan bahwa judul skripsi yang saya ajukan dan kerjakan dengan
judul

**"KLASIFIKASI CITRA TINGKAT KEMATANGAN JERUK
MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
DENGAN IMAGE PROCESSING HE DAN CLAHE"**

Bukan merupakan plagiat dari skripsi/tugas akhir/penelitian orang lain dan
juga bukan merupakan produk atau *software* yang saya beli dari pihak lain. Saya
juga menyatakan bahwa skripsi ini adalah pekerjaan saya sendiri, kecuali yang
dinyatakan dalam daftar pustaka dan tidak pernah diajukan untuk syarat dan tidak
pernah diajukan untuk syarat memperoleh gelar di UPN "Veteran" Jawa Timur
maupun di institusi pendidikan lain.

Jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini terbukti tidak benar, maka
saya siap menerima segala konsekuensinya.

Surabaya, 10 Januari 2024

Hormat saya,



Mochammad Faisal Nur Sayyid

NPM. 18081010104

**KLASIFIKASI CITRA TINGKAT KEMATANGAN JERUK
MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
DENGAN IMAGE PROCESSING HE DAN CLAHE**

Nama Mahasiswa : Mochammad Faisal Nur Sayyid
NPM : 18081010104
Program Studi : Informatika
Dosen Pembimbing : Budi Nugroho, S.Kom, M.Kom
Afina Lina Nurlaili, S.Kom, M.Kom

ABSTRAK

Dengan adanya perkembangan teknologi yang semakin maju pada bidang visi komputer peluang untuk meningkatkan praktik penyortiran buah dan memperluas pasar visi komputer di bidang pertanian. Dalam konteks pertanian di Indonesia, khususnya pada budidaya jeruk, permasalahan muncul ketika terjadi panen raya, dan buah jeruk perlu disortir berdasarkan tingkat kematangannya agar dapat dipasarkan dengan baik. Dengan melibatkan kemajuan mekanis di bidang visi komputer untuk penyortiran buah jeruk salah satunya dengan memanfaatkan deep learning dengan memanfaatkan teknik klasifikasi citra digital yang menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dengan teknik pemrosesan gambar HE dan CLAHE.

Pada penelitian ini Penulis mengusulkan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) yang dikombinasikan dengan pemrosesan gambar menggunakan *histogram equalization* (HE) dan *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE) serta kombinasinya pada citra jeruk. Dataset digunakan berisi tiga kategori citra berdasarkan Tingkat kematangan buah jeruk yaitu grade 1, grade 2, dan busuk dengan jumlah 1.800 data. Data citra terlebih dahulu di praproses menggunakan HE atau CLAHE atau kombinasinya sebelum masuk ke tahap klasifikasi, algoritma CNN dilatih pada data latih dan pengujian performa pada data uji dengan rasio 80:20 dari keseluruhan data.

Dalam kesimpulan, penelitian ini berhasil membangun proses klasifikasi citra tingkat kematangan buah jeruk menggunakan CNN dengan image processing

HE dan CLAHE. Pengujian menggunakan dataset dari Kaggle menunjukkan bahwa metode ini mampu mencapai akurasi tertinggi sebesar 95% pada klasifikasi menggunakan *image processing* CLAHE.

Kata kunci: *Kematangan Buah Jeruk, Convolutional Neural Network, Histogram Equalization, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan keberkahan dan kesehatan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian skripsi ini dengan judul

“KLASIFIKASI CITRA TINGKAT KEMATANGAN JERUK MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN IMAGE PROCESSING HE DAN CLAHE”

Skripsi ini dibuat penulis untuk memenuhi mata kuliah skripsi sebagai syarat untuk menyelesaikan Strata Satu (S1) dari Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis berharap dengan adanya penyusunan skripsi ini dapat menambah ilmu baru dan wawasan yang bermanfaat bagi semua pihak yang membaca.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan penelitian skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan laporan skripsi ini, maka penulis sangat mengharapkan kritik, saran, dan masukan yang bersifat membangun kearah perbaikan dan penyempurnaan.

Surabaya, 10 Januari 2024

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan keberkahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan kegiatan penelitian skripsi ini dengan baik. terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai macam pihak yang telah berkontribusi dalam menyelesaikan penelitian skripsi ini. Secara khusus penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu.

Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada seluruh civitas akademika UPN “Veteran” Jawa Timur yang terdiri atas :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MMT. selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom, M.Kom. selaku Koordinator Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Rizki Parlika, S.Kom, M.Kom. selaku Dosen Wali yang telah banyak membantu penulis dari awal perkuliahan hingga semester 4 dikarenakan beliau berpindah ke Program Studi Sains Data.
5. Ibu Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom, M.Kom. selaku Dosen Wali dan Dosen Penguji Satu yang telah banyak membantu penulis dari semester 5 hingga terselesaikannya skripsi.
6. Bapak Budi Nugroho, S.Kom, M.Kom, selaku Dosen Pembimbing satu yang telah memberikan banyak masukan serta membantu dengan sabar dalam membimbing penulis untuk pengerjaan skripsi penulis secara maksimal meskipun dengan keterbatasan bapak yang sedang menempuh pendidikan S3 yang masih dapat memberikan sedikit waktunya kepada penulis dalam pengerjaan skripsi.
7. Ibu Afina Lina Nurlaili, S.Kom, M.Kom. selaku Dosen Pembimbing dua

yang telah membantu penulis dengan sabar dalam proses pengerjaan skripsi dan paper publikasi penulis secara maksimal.

8. Bapak Muhammad Muharrom Al Haromainy, S.Kom, M.Kom, selaku Dosen Penguji dua yang telah membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi.
9. Seluruh Dosen Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur atas segala ilmu pengetahuan yang diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan. Semoga penulis dapat mengamalkan ilmu pengetahuan yang telah diberikan dan akan menjadi bekal yang berguna bagi penulis untuk masa depan.

Lalu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada :

10. Ayah dan Ibu yang telah memberikan dukungan secara materi dan non – materi sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik.
11. Kedua adik penulis yang telah memberikan dukungan secara moral sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik.
12. Wahyu Faishal Firdaus, Fahmi Anugrah Danendra, Mochammad Andika Putra Mubarak, Syafri Firmansyah, Fuad Mahrus Fathoni, dan Dimas Putra Andaru yang telah membantu memberikan arahan kepada penulis dalam proses pengerjaan program dan laporan skripsi dengan baik.
13. Muhammad Rima Mustaghfirin Bil Ashar, Ardenno Rama Rasendriya, Muhammad Daffa Arifin, Fikri Dwilaksono, dan Hudanto Rahmanhadi yang telah saling mengingatkan dan memberikan semangat dalam proses pengerjaan skripsi hingga terselesaikan.
14. Unit Kegiatan Mahasiswa serta rekan - rekan Pengurus Veteran eSport UPN “Veteran” Jawa Timur yang telah menjadi wadah bagi penulis untuk belajar berorganisasi, menambah relasi serta melatih manajemen yang

dapat berguna bagi masa depan penulis.

15. Seluruh teman – teman angkatan 2018 Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah berjuang bersama dalam proses perkuliahan dari awal hingga selesai.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT KETERANGAN ANTI PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR KODE PROGRAM.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Jeruk	9
2.3 <i>Deep Learning</i>	9
2.4 Pemrosesan Gambar.....	10
2.5 <i>Histogram Equalization (HE)</i>	11
2.6 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	12
2.7 <i>Neural Network</i>	13
2.8 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	14
2.8.1 Arsitektur CNN	15
2.8.2 AlexNet	18
2.8.3 <i>Flatten</i>	19
2.8.4 Fungsi Aktivasi	19
2.8.5 <i>Softmax</i>	19
2.8.6 <i>Adam Optimizer</i>	20

2.9	<i>Confusion Matrix</i>	20
2.9.1	<i>Accuracy</i>	21
2.9.2	<i>Precision</i>	21
2.9.3	<i>Recall</i>	22
2.9.4	<i>FMaeasure</i>	22
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1	Kebutuhan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	24
3.2	Jenis dan Sumber Data	24
3.3	Studi Pustaka	25
3.4	Tahapan Penelitian	26
3.5	Proses Pelatihan.....	27
3.6	Pengumpulan data	27
3.7	Pra Proses(<i>Preprocessing</i>).....	27
3.8	Perancangan Metode CNN	30
3.9	Pelatihan Model.....	32
3.10	Pengujian Model.....	33
3.11	Skenario Uji Coba	34
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	Penyiapan <i>Dataset</i>	37
4.2	Implementasi Proses	37
4.2.1	Menyiapkan Data dan Label	38
4.2.2	Pembagian Data	39
4.2.3	Pra Proses (<i>Images Processing</i>).....	40
4.2.4	Implementasi Model Arsitektur CNN.....	50
4.2.5	Pelatihan Model	50
4.2.6	Pengujian Model	56
4.2.7	Analisa Hasil Pengujian.....	58
BAB V	PENUTUP	63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		65
BIODATA PENULIS		68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Confusion Matrix(Santra, 2012).....	20
Tabel 3.1 Jenis dan jumlah data pada citra.....	35
Tabel 3.2 Parameter CNN	35
Tabel 3.3 Jenis dan jumlah data pada citra.....	35
Tabel 3.4 Model image processing.....	36
Tabel 4.1 Perbandingan Pemrosesan Gambar	59
Tabel 4.2 Hasil Performance Metrics Preprocessing HE	60
Tabel 4.3 Hasil Performance Metrics Preprocessing CLAHE	60
Tabel 4.4 Hasil Performance Metrics Preprocessing HE dan CLAHE	61
Tabel 4.5 Hasil Performance Metrics Preprocessing CLAHE dan HE	61
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Performance Metrics Pemrosesan Gambar	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi dari Flowchart pelatihan dan pengujian (Arief, 2019)	5
Gambar 2.2	Ilustrasi dari Flowchart Preprocessing Image (Hemanth et al, 2019).....	6
Gambar 2.3	Ilustrasi dari Flowchart metodologi (Yanto et al, 2021).....	8
Gambar 2.4	Ilustrasi dari buah jeruk	9
Gambar 2.5	Deep Learning (Gill, 2020).....	10
Gambar 2.6	Contoh ilustrasi proses Histogram Equalization (Hemanth et al, 2019).....	11
Gambar 2.7	Contoh ilustrasi proses CLAHE (Hemanth et al, 2019)	12
Gambar 2.8	Neural Network (Hijazi et al, 2015)	14
Gambar 2.9	Model Convolutional Neural Network (Liu et al, 2013)	15
Gambar 2.10	Arsitektur CNN menggunakan model AlexNet (Satyo et al., 2021).....	15
Gambar 2.11	Ilustrasi proses input Convolutional Layer.....	16
Gambar 2.12	Proses Konvolusi	16
Gambar 2.13	Aktivasi ReLu.....	17
Gambar 2.14	Max -Pooling	18
Gambar 3.1	Contoh sampel data buah jeruk: (a) G1, (b) G2, dan (c) Busuk	25
Gambar 3.2	Flowchart (A) Pelatihan, (B) Pengujian	26
Gambar 3.3	Flowchart Proses Preprocessing HE	28
Gambar 3.4	Flowchart Proses Preprocessing CLAHE	29
Gambar 3.5	Flowchart Proses Preprocessing HE dan CLAHE.....	29
Gambar 3.6	Flowchart Proses Preprocessing CLAHE dan HE.....	30
Gambar 3.7	Flowchart perancangan metode CNN.....	31
Gambar 3.8	Arsitektur AlexNet	31
Gambar 3.9	Flowchart pelatihan model	33
Gambar 3.10	Flowchart pengujian model	34
Gambar 4.1	Klasifikasi folder dataset pada google drive.....	37
Gambar 4.2	Tampilan keseluruhan Data	38
Gambar 4.3	Grafik persentase dataset	39

Gambar 4.4 Pembagian jumlah dataset	40
Gambar 4.5 Citra awal buah jeruk: (a) jeruk matang kualitas G1, (b) citra jeruk matang kualitas G2, dan (c) citra jeruk Rooten(Busuk).....	40
Gambar 4.6 Contoh sampel citra hasil HE yang akan digunakan untuk data latih.....	42
Gambar 4.7 Contoh sampel citra hasil CLAHE yang akan digunakan untuk data latih.....	44
Gambar 4.8 Contoh sampel citra hasil HE dan CLAHE yang akan digunakan untuk data latih.....	47
Gambar 4.9 Contoh sampel citra hasil CLAHE dan HE yang akan digunakan untuk data latih.....	49
Gambar 4.10 Waktu tempuh seluruh iterasi pada arsitektur AlexNet menggunakan preprocessing HE	50
Gambar 4.11 Grafik akurasi dan loss pelatihan data pada arsitektur AlexNet menggunakan preprocessing HE: (a) accuracy (b) loss	51
Gambar 4.12 Waktu tempuh seluruh iterasi pada arsitektur AlexNet menggunakan preprocessing CLAHE	52
Gambar 4.13 Grafik akurasi dan loss pelatihan data pada arsitektur AlexNet menggunakan preprocessing CLAHE: (a) accuracy (b) loss	53
Gambar 4.14 Waktu tempuh seluruh iterasi pada arsitektur AlexNet menggunakan preprocessing HE dan CLAHE	53
Gambar 4.15 Grafik akurasi dan loss pelatihan data pada arsitektur AlexNet menggunakan preprocessing HE dan CLAHE: (a) accuracy (b) loss	54
Gambar 4.16 Waktu tempuh seluruh iterasi pada arsitektur AlexNet menggunakan preprocessing CLAHE dan HE	55
Gambar 4.17 Grafik akurasi dan loss pelatihan data pada arsitektur AlexNet menggunakan preprocessing HE dan CLAHE: (a) accuracy (b) loss	56
Gambar 4.18 Contoh Citra Hasil Klasifikasi.....	57
Gambar 4.19 Contoh gambar dari uji coba klasifikasi secara langsung.....	58

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 4.1	Kode Program Preprocessing HE	41
Kode Program 4.2	Kode Program Preprocessing CLAHE	43
Kode Program 4.3	Kode Program Preprocessing HE dan CLAHE	45
Kode Program 4.4	Kode Program Preprocessing CLAHE dan HE	47
Kode Program 4.5	Kode Program Arsitektur CNN Model AlexNet.....	50