

**DETEKSI DEFISIENSI NUTRISI DAUN CENGKEH DENGAN
GRAPH CONVOLUTIONAL NETWORK (GCN) PADA
REPRESENTASI *GRAPH* DARI CITRA WARNA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jenjang Studi Sastra Satu (S1)
Pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Ponorogo



CINDY ALYA PUTRI
22533644

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

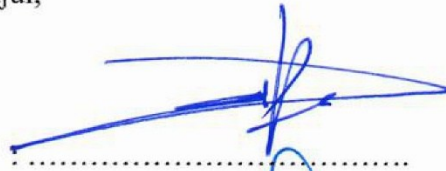
Nama : Cindy Alya Putri
NIM : 22533644
Program Studi : Teknik Informatika
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Deteksi Defisiensi Nutrisi Daun Cengkeh Dengan *Graph Convolutional Network (GCN)* Pada Representasi *Graph* Dari Citra Warna

Isi dan formatnya telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat Untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana Pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo

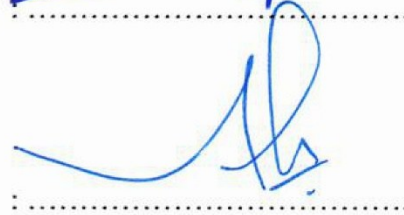
Ponorogo, 28 Juli 2026

Menyetujui,

Angga Prasetyo, S.T., M.Kom
NIK. 19820819 201112 13
(Dosen Pembimbing Utama)



Dr. Fauzan Masykur, S.T., M.Kom
NIK. 19810316 202109 12
(Dosen Pembimbing Pendamping)



Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik

(Edy Kurniawan, S.T., M.T.)

NIK. 19771026 200810 12

Ketua Program Studi Teknik Informatika



(Adi Fajaryanto Cobantoro, S.Kom., M.Kom.)

NIK. 19840924 201309 13

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cindy Alya Putri

NIM : 22533644

Program Studi : Teknik Informatika

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul “Deteksi Defisiensi Nutrisi Daun Cengkeh Dengan *Graph Convolutional Network (GCN)* Pada Representasi *Graph* Dari Citra Warna” bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah dirancang/ teliti di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, saya bersedia Ijazah saya dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan sebenar-benarnya.

Ponorogo, 14 Juli 2026

Mahasiswa,



10000
Rp
METERAI
TEMPEL
167C7ANX082300846

Cindy Alya Putri
NIM. 22533644

HALAMAN BERITA ACARA UJIAN

Nama : Cindy Alya Putri

NIM : 22533644

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Deteksi Defisiensi Nutrisi Daun Cengkeh Dengan *Graph Convolutional Network (GCN)* Pada Representasi *Graph* Dari Citra Warna

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan

Dosen penguji Tugas akhir jenjang Strata Satu (S1) pada :

Hari : Senin

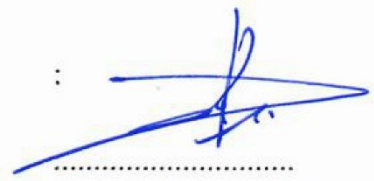
Tanggal : 27 Juli 2026

Dosen Penguji

Angga Prasetyo, S.T., M.Kom

NIK. 19820819 201112 13

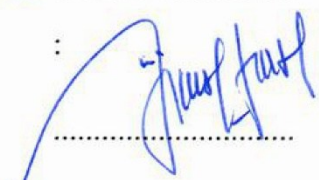
(Ketua Penguji)

: 

Khoiru Nurfitri, S.Kom., M.Kom.

NIK. 19920430 201808 13

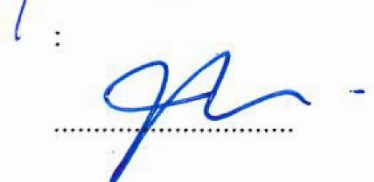
(Anggota Penguji I)

: 

Dr. Ghulam Asrofi Buntoro, S.T., M.Eng

NIK. 19870723 202109 12

(Anggota Penguji II)

: 

Mengetahui,

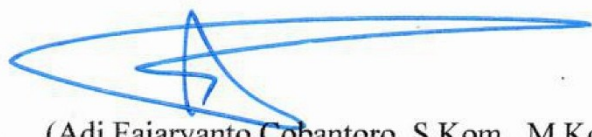
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Informatika



(Eddy Kurniawan, S.T., M.T.)

NIK. 19771026 200810 12



(Adi Fajaryanto Cobantoro, S.Kom., M.Kom.)

NIK. 19840924 201309 13

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : CINDY ALYA PUTRI
NIM : 22533644
Judul Skripsi : DETEKSI DEFISIENSI NUTRISI DAUN CENGKEH
DENGAN *GRAPH CONVOLUTIONAL NETWORK* (GCN)
PADA REPRESENTASI GRAF DARI CITRA WARNA
Dosen Pembimbing Utama : Angga Prasetyo, S.T., M.Kom

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Status
1	24 / 11 2025	Pembahasan tema secara spesifik	1. Model diarahkan ke transfer learning berbasis gcnn 2. Rumusan masalah dipecah menjadi dua untuk deteksi dan analisis interpretasi tnf 3. Fokus ke arah metode dan proses deteksinya	✓
2	27 / 11 2025	Pembahasan tema secara spesifik	1. Model diarahkan ke transfer learning berbasis gcnn 2. Rumusan masalah dipecah menjadi dua untuk deteksi dan analisis interpretasi tnf 3. Fokus ke arah metode dan proses deteksinya	✓
3	27 / 11 2025	BAB I & BAB II	1. ACC BAB I & BAB II 2. Penulisan diperbaiki 3. Lanjut Bab III	✓

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Status
4	27 / 11 2025	BAB I & BAB II	1. ACC BAB I & BAB II 2. Penulisan diperbaiki 3. Lanjut Bab III	✓
5	02 / 12 2025	BAB III	1. Metode pengembangan pada BAB III lebih jelas dan fokus ke model Machine Learning	✓
6	02 / 12 2025	BAB III	1. Metode pengembangan pada BAB III lebih jelas dan fokus ke model Machine Learning	✓
7	04 / 12 2025	BAB III	Perbaiki peletakan gambar pada BAB III	✓
8	04 / 12 2025	BAB I, BABII & BAB III	1. ACC BAB III 2. Lanjut Semprom	✓
9	27 / 03 2026	BAB IV, SISTEM	Blurring background dataset	✓
10	03 / 04 2026	BAB IV, SISTEM	Augmentasi imbalance dataset, jika tidak terlalu banyak perbandingan imbalancenya	✓
11	10 / 04 2026	BAB IV, SISTEM	Lakukan percobaan modelling dengan variabel k yang bervariasi	✓
12	12 / 05 2026	BAB IV, SISTEM	Sebaiknya menggunakan flask yang lebih familiar daripada fast api	✓

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Status
13	15 / 05 2026	BAB IV, SISTEM	Menggunakan modelling dengan matrix yang lebih stabil walaupun akurasi sedikit lebih rendah	✓
14	04 / 06 2026	BAB IV, SISTEM	Deployment sistem menggunakan platform yang lebih mudah untuk direplikasi	✓
15	15 / 06 2026	BAB IV, SISTEM	Acc model akhir	✓
16	19 / 06 2026	BAB IV	Sampling gambar pada tiap tahapan di bab 4	✓
17	22 / 06 2026	BAB IV	1. Tambahkan tabel analisis empiris 2. Fokus pada pembahasan alur model sesuai dengan tujuan	✓
18	24 / 06 2026	BAB IV	1. Hilangkan bagian yang kurang penting dan kurang berhubungan dengan pendeteksian 2. Lanjut BAB V	✓
19	25 / 06 2026	BAB V	Hasil pada bab 5 harus menjawab tujuan pada bab 1	✓
20	26 / 06 2026	BAB IV, BAB V	ACC UJIAN SKRIPSI	✓

Dosen Pembimbing Utama,



Angga Prasetyo, S.T., M.Kom
NIK. 1982081920111213

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : CINDY ALYA PUTRI
NIM : 22533644
Judul Skripsi : DETEKSI DEFISIENSI NUTRISI DAUN CENGKEH
DENGAN *GRAPH CONVOLUTIONAL NETWORK* (GCN)
PADA REPRESENTASI GRAF DARI CITRA WARNA
Dosen Pembimbing : Dr. Fauzan Masykur, S.T., M.Kom
Pendamping

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Status
1	15 / 11 2025	BAB I	Penulisan harus sesuai panduan	✓
2	19 / 11 2025	BAB I, BAB II	1. Revisi bab 1 dan 2 2. Lanjut bab 3	✓
3	25 / 11 2025	BAB III	Revisi BAB 3	✓
4	04 / 12 2025	BAB 3	ACC BAB 3	✓
5	17 / 12 2025	BAB I, BAB II, BAB III	ACC Sidang Sempro	✓
6	27 / 03 2026	BAB IV, SISTEM	1. Lanjut pembuatan model 2. Penulisan dirapikan	✓

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Status
7	03 / 04 2026	BAB IV, SISTEM	Augmentasi imbalance dataset	✓
8	12 / 05 2026	BAB IV, SISTEM	Sistem menggunakan flask yang lebih familiar dari fast api	✓
9	15 / 05 2026	BAB IV, SISTEM	Memilih model deteksi terbaik	✓
10	04 / 06 2026	BAB IV, SISTEM	Deployment model	✓
11	15 / 06 2026	BAB IV, SISTEM	ACC model	✓
12	19 / 06 2026	BAB IV	Perbaiki tabel sesuai panduan	✓
13	22 / 06 2026	BAB IV	1. Penulisan disesuaikan panduan 2. fokus bab 4 menjawab tujuan	✓
14	24 / 06 2026	BAB IV, BAB V	Lanjut BAB 5	✓
15	25 / 06 2026	BAB V	Pastikan seluruh penulisan sesuai panduan	✓
16	01 / 07 2026	BAB IV, BAB V	ACC Sidang skripsi	✓

Dosen Pembimbing Pendamping,



Dr. Fauzan Masykur, S.T., M.Kom
NIK. 1981031620210912

MOTTO

”Dan Manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya.”

(QS. An-Najm: 39)

”Perjalanan yang kamu anggap berat ini adalah jalan menuju cita-cita yang selalu kamu selipkan dalam doa”

(Anonim)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati, karya ini penulis persembahkan kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta, atas segala cinta, doa, dukungan moral dan material, serta pengorbanan yang tiada henti yang telah mengiringi setiap langkah penulis hingga mencapai titik ini.
2. Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu yang sangat berarti dalam proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas waktu dan perhatian yang telah diberikan dengan penuh dedikasi.
3. Dosen Penguji, yang telah memberikan saran, masukan, serta penilaian yang konstruktif demi kesempurnaan karya ini.
4. Seluruh teman dan sahabat selama masa perkuliahan, yang telah memberikan semangat, kebersamaan, dan dukungan dalam suka maupun duka selama menempuh studi.
5. Diri sendiri, atas ketekunan, kesabaran, serta komitmen dalam menghadapi setiap tantangan yang datang selama proses penyelesaian studi.

Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi langkah awal dalam pengabdian kepada masyarakat dan dunia ilmu pengetahuan.

DETEKSI DEFISIENSI NUTRISI DAUN CENGKEH DENGAN *GRAPH CONVOLUTIONAL NETWORK (GCN)* PADA REPRESENTASI *GRAPH* DARI CITRA WARNA

Cindy Alya Putri¹, Angga Prasetyo², Fauzan Masykur³
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika
Universitas Muhammadiyah Ponorogo
e-mail : cindyalyaputri9@gmail.com

ABSTRAK

Penurunan produktivitas perkebunan cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sering kali disebabkan oleh keterlambatan penanganan kekurangan unsur hara akibat metode deteksi manual yang subjektif serta memiliki kemiripan visual yang tinggi antar-gejala. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem hibrida *deep learning* yang mengintegrasikan MobileNetV2 dan *Graph Convolutional Network (GCN)* untuk mengidentifikasi defisiensi Nitrogen, Fosfor, Kalium, serta kondisi Sehat secara otomatis. Citra masukan terlebih dahulu dipreproses dan diekstraksi menggunakan *pre-trained* MobileNetV2 menjadi vektor *embedding* padat ternormalisasi berdimensi 256. Hubungan struktural dan kemiripan visual antar-sampel kemudian dipetakan ke dalam bentuk *graph* ketetanggaan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* dengan parameter $k = 5$ untuk membentuk *adjacency matrix* ternormalisasi. Klasifikasi akhir dilakukan oleh jaringan *GCN* dua lapisan dengan koneksi *residual skip connection*. Evaluasi terhadap 92 citra data uji menunjukkan kinerja model yang sangat efektif, dengan akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score yang seragam mencapai 94,57%. Meskipun tingkat akurasi akhir model hibrida MobileNetV2-GCN ini setara dengan arsitektur MobileNetV2 tunggal, integrasi *GCN* terbukti secara substantif mampu memodelkan relasi kemiripan (*similarity graph*) antar-sampel citra sekaligus mempertahankan kestabilan pembentukan kelompok fitur (*feature clustering*) pada ruang laten.

Kata Kunci: Daun Cengkeh, *Deep Learning* Berbasis *Graph*, Defisiensi NPK, *Graph Convolutional Networks*, *MobileNetV2*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada kehadiran Allah SWT. Yang Maha Pengasih lagi Maha Pemurah telah melimpahkan rahmat dan hidayah - Nya. Sholawat dan salam semoga tetap terlimpahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, para Sahabat, serta orang-orang yang berada di jalan - Nya. Dengan berkat kasih setia - Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Strata 1 (S1) di Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya.

1. Bapak Angga Prasetyo, S.T., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing Utama, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi dengan penuh kesabaran selama proses penulisan skripsi ini berlangsung.
2. Bapak Dr. Fauzan Masykur, S.T., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing Pendamping, yang telah memberikan saran, koreksi, dan arahan yang sangat berharga dalam menyempurnakan skripsi ini.
3. Seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, baik secara akademis maupun non-akademis, yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terimakasih atas segala bentuk bantuan, doa, dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik, dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini bermanfaat dan dapat menjadi kontribusi di bidang yang dikaji. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan doa semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam proses ini.

Penulis



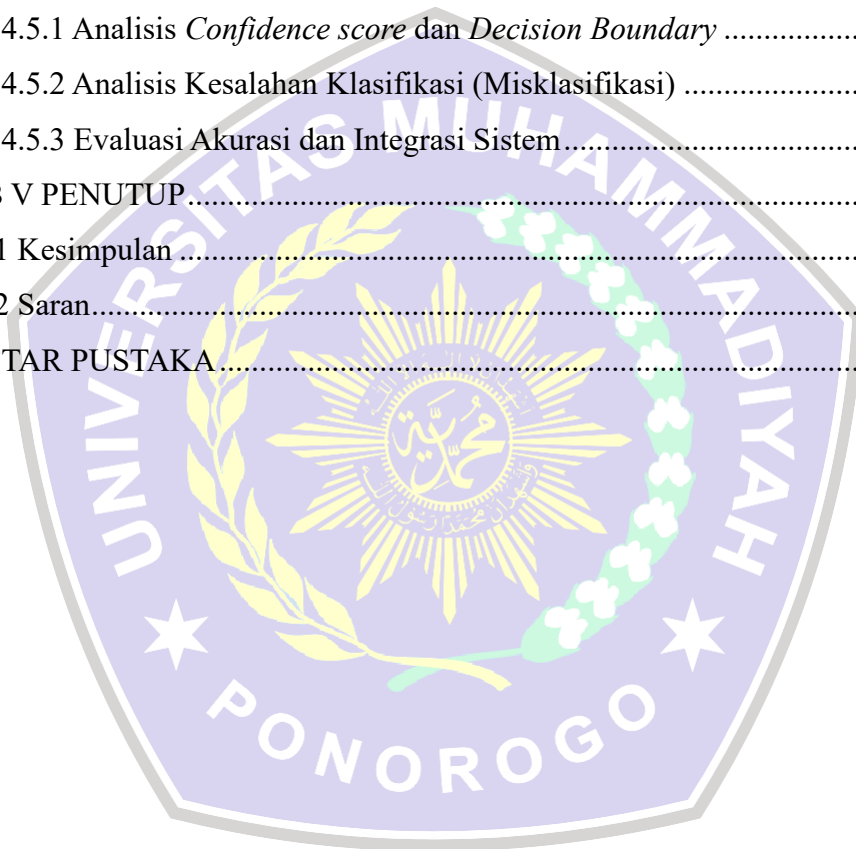
Cindy Alya Putri

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	iii
HALAMAN BERITA ACARA UJIAN	iv
BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI	v
MOTTO.....	x
HALAMAN PERSEMBAHAN	xi
ABSTRAK	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Tanaman Cengkeh (<i>Syzygium aromaticum</i>)	9
2.2.2 Defisiensi Nutrisi Tanaman	9
2.2.3 <i>MobileNetV2</i>	10
2.2.4 <i>k-NN Graph (k-Nearest Neighbors Graph)</i>	12
2.2.5 <i>GCN (Graph Convolutional Network)</i>	13
2.2.6 Evaluasi Kinerja Model.....	15
2.2.7 TensorFlow	16
2.2.8 <i>Data Flow Diagram (DFD)</i>	17
2.2.9 Flowchart	18

2.2.10 UML (Unified Modeling Language).....	19
2.2.11 Website	20
2.2.12 HTML	21
2.2.13 Python	21
2.2.14 Flask	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Identifikasi Masalah	29
3.2 Pengumpulan Data	30
3.3 Penentuan Label	32
3.4 Preprocessing	34
3.4.1 Seleksi dan Validasi Kualitas Citra	34
3.4.2 Penyeragaman Ukuran Citra	35
3.4.3 Normalisasi Citra	35
3.4.4 Pembagian Dataset (Train, Validation, Test).....	35
3.4.5 Augmentasi Citra (Khusus training set)	36
3.5 Pembuatan Model.....	37
3.5.1 Ekstraksi Fitur (CNN)	37
3.5.2 Pembentukan Graph GCN.....	37
3.5.3 Training dan Validasi Model	40
3.6 Perancangan Sistem	41
3.7 Implementasi Sistem Berbasis Web Flask	48
3.8 Pengujian Sistem.....	48
3.8.1 Teknik Pengujian.....	49
3.8.2 Skenario Pengujian.....	49
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Pemrosesan Dataset.....	51
4.1.1 Pengambilan Dataset.....	51
4.1.2 Labeling Class Dataset.....	52
4.1.3 Pembagian Dataset	53
4.1.4 Preprocessing dan Augmentasi Dataset	53
4.2 Implementasi Arsitektur Model Deteksi	56

4.2.1 <i>Feature Extracttion MobileNetV2</i>	57
4.2.2 Pembuatan Node <i>KNN</i>	59
4.2.3 Klasifikasi <i>GCN (Graph Convolutional Network)</i>	61
4.3 Validasi dan Pengujian Performa Model Deteksi.....	65
4.3.1 Validasi Model	65
4.3.2 Pengujian Performa Model	66
4.4 Web Integration	70
4.5 Pengujian Sistem.....	73
4.5.1 Analisis <i>Confidence score</i> dan <i>Decision Boundary</i>	74
4.5.2 Analisis Kesalahan Klasifikasi (Misklasifikasi)	75
4.5.3 Evaluasi Akurasi dan Integrasi Sistem.....	76
BAB V PENUTUP.....	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	23
Gambar 3.2 Flowchart Algoritma	24
Gambar 3.3 Flowchart Sub-Proses Preprocessing Citra	26
Gambar 3.4 Flowchart Sub-Proses Ekstraksi Fitur	27
Gambar 3.5 Flowchart Sub-Process Training GCN.....	28
Gambar 3.6 Use case diagram.....	42
Gambar 3.7 DFD Level 0.....	42
Gambar 3.8 DFD Level 1 Sistem.....	43
Gambar 3.9 Struktur database sistem.....	44
Gambar 3.10 Flowchart sistem	45
Gambar 3.11 Wireframe upload	46
Gambar 3.12 Wireframe halaman deteksi	47
Gambar 3.13 Wireframe histori.....	47
Gambar 4.1 Kode splitting dataset	53
Gambar 4.2 Potongan kode Preprocessing via ImageDataGenerator	54
Gambar 4.3 Perbedaan data asli dengan hasil preprocessing.....	55
Gambar 4.4 Alur Mobilenetv2 Feature extraction	57
Gambar 4.5 Kode Feature Extraction MobileNetv2	57
Gambar 4.6 Alur Pembentukan Node K-NN	59
Gambar 4.7 Kode pembentukan Node menggunakan K-NN.....	60
Gambar 4.8 Alur Proses Klasifikasi Jaringan GCN	61
Gambar 4.9 Potongan Kode Program Pembuatan Kustom Blok GCNLayer.....	62
Gambar 4.10 Potongan Kode GCN Clasifier	63
Gambar 4.11 Hasil Node Graph Model	64
Gambar 4.12 <i>Confusion matrix</i>	66
Gambar 4.13 Classification report	68
Gambar 4.14 Halaman Utama Cloveye dan Form Unggah Gambar	71
Gambar 4.15 Halaman Hasil Deteksi.....	71
Gambar 4.16 Tampilan History	72
Gambar 4.17 Confident score	72

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pelabelan dan index dataset	52
Tabel 4.2 Distribusi dataset setelah augmentasi.....	56
Tabel 4.3 Tabel perbandingan performa.....	65
Tabel 4.4 Classification report	68
Tabel 4.5 Pengujian data baru	73

