

**IMPLEMENTASI *ENSEMBLE LEARNING* DENGAN
ARSITEKTUR MOBILENETV2 DAN EFFICIENTNETB7
PADA KLASIFIKASI CITRA PENYAKIT KANKER KULIT**

SKRIPSI



Oleh :

DEDE IKHSAN DWI SAPUTRA

NPM. 19081010150

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2023**

**IMPLEMENTASI *ENSEMBLE LEARNING* DENGAN
ARSITEKTUR MOBILENETV2 DAN EFFICIENTNETB7
PADA KLASIFIKASI CITRA PENYAKIT KANKER KULIT**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Dalam Menempuh Gelar Sarjana
Komputer Program Studi Informatika



Oleh :

DEDE IKHSAN DWI SAPUTRA

NPM. 19081010150

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : IMPLEMENTASI *ENSEMBLE LEARNING* DENGAN
ARSITEKTUR MOBILENETV2 DAN EFFICIENTNETB7
PADA KLASIFIKASI CITRA PENYAKIT KANKER KULIT

Oleh : Dede Ikhsan Dwi Saputra

NPM : 19081010150

Telah Diseminarkan Dalam Ujian Skripsi Pada :

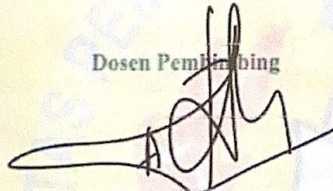
Hari Rabu, Tanggal 12 Juli 2023

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Dosen Penguji

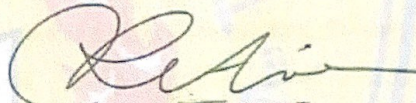
1.



Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom

NIP : 19820211 2021212 005

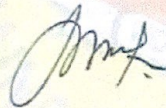
1.



Retno Mumpuni, S.Kom., M.Sc

NPT. 172198 70 716054

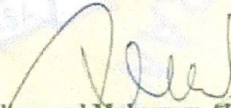
2.



Achmad Junaidi, S.Kom, M.Kom

NPT : 3 7811 04 0199 1

2.



Muhammad Muharrom Al Haromainy,

S.Kom., M.Kom

NIP. 19950601 202203 1 006

Menyetujui

Dekan

Koordinator Program Studi

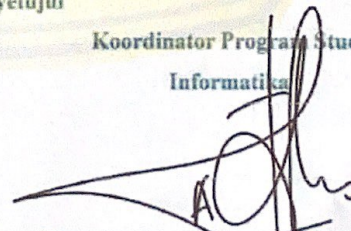
Fakultas Ilmu Komputer

Informatika



Dr. Novirida Hendrasarie, ST., MT.

NPT : 19681126 199403 2 001



Fetty Tri Anggraeny, S. Kom. M.Kom

NIP : 19820211 2021212 005

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, mahasiswa Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer UPN
"Veteran" Jawa Timur, yang bertan datangan di bawah ini :

Nama : Dede Ikhsan Dwi Saputra

NPM : 19081010150

Menyatakan bahwa judul skripsi yang saya ajukan dan kerjakan yang
berjudul :

**"IMPLEMENTASI *ENSEMBLE LEARNING* DENGAN
ARSITEKTUR MOBILENETV2 DAN EFFICIENTNETB7
PADA KLASIFIKASI CITRA PENYAKIT KANKER KULIT"**

Bukan merupakan plagiat dari skripsi/tugas akhir/penelitian orang lain dan
juga bukan merupakan produk dan 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
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, 12 Juli 2023


Dede Ikhsan Dwi Saputra
19081010150

IMPLEMENTASI ENSEMBLE LEARNING DENGAN ARSITEKTUR MOBILENETV2 DAN EFFICIENTNETB7 PADA KLASIFIKASI CITRA PENYAKIT KANKER KULIT

Nama Mahasiswa : Dede Ikhsan Dwi Saputra
NPM : 19081010150
Program Studi : Informatika
Dosen Pembimbing : Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom
Achmad Junaidi, S.Kom, M.Kom

ABSTRAK

Di Indonesia, kanker merupakan salah satu masalah kesehatan yang serius. Kanker kulit menempati urutan ketiga setelah kanker rahim dan kanker payudara. Kanker kulit dijumpai 5,9 – 7,8 % dari semua jenis kanker per tahun. Kanker kulit yang paling banyak di Indonesia adalah *Basal Cell Carcinoma* (65,5%), diikuti, *Melanoma* (7,9%) *Squamous Cell Carcinoma* (23%) dan kanker kulit lainnya. Salah satu upaya untuk melakukan pencegahan dini kanker kulit dapat diatasi dengan otomatisasi. Solusi yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan masalah ini menggunakan image classification dengan metode deep learning yang diterapkan pada model yang telah terlatih. Teknologi tersebut dapat diterapkan dan dimanfaatkan sebagai sistem cerdas pemrosesan citra yaitu mendeteksi kemungkinan seseorang mengalami kanker kulit pada kulit seseorang yang telah diambil sampel gambar penyakit berdasarkan ciri-ciri, bentuk, dan warna.

Pada kecanggihan zaman saat ini, teknologi deep learning menjadi topik perbincangan hangat dan semakin banyak digunakan karena hasil mutakhir yang diperoleh seperti pada image classification, object detection, hingga natural language processing. Seiring perkembangan deep learning yang semakin pesat, teknologi deep learning dikembangkan menjadi Convolutional Neural Network dan menciptakan pre trained model yang disebut transfer learning. Pada penelitian ini menggunakan pre trained model arsitektur MobileNetV2 dan EfficientNetB7. Kemudian untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dengan arsitektur tersebut, digunakan Ensemble Learning menggunakan kombinasi dari beberapa algoritma

atau model untuk mendapatkan output dengan akurasi yang lebih optimal. Ensemble Stack Generalization merupakan jenis Ensemble Learning yang digunakan pada penelitian ini dengan menghitung nilai rata-rata bobot masing-masing model yang telah disimpan.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penulis melakukan klasifikasi citra penyakit kanker kulit menggunakan *Ensemble Learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* dan *EfficientNetB7* untuk mengetahui performa dari *Ensamble Learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* dan *EfficientNetB7* pada klasifikasi citra penyakit kanker kulit. *Output* yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu model akurasi dan performa pada klasifikasi citra penyakit kanker kulit. Hasil *val_accuracy* tertinggi yang didapatkan pada arsitektur *MobileNetV2* melalui pelatihan model dan *fine tune* model sebesar 97%. Lalu, *val_accuracy* tertinggi yang didapatkan pada arsitektur *EfficientNetB7* melalui pelatihan model dan *fine tune* model sebesar 99%.. Sedangkan, *val_accuracy* tertinggi hasil penggabungan implementasi *Ensemble Learning* pada *MobileNetV2* dan *EfficientNetB7* sebesar 97% Ketiga hasil tersebut didapatkan pada perbandingan pembagian data training, data validation, dan data test sebesar 80%:15%:5%.

Kata kunci: *Ensemble Learning, MobileNetV2, EfficientNetB7, Kanker Kulit*

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Swt, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penelitian dan laporan ini berhasil terselesaikan. Selain itu dengan segala hormat, ucapan terimakasih yang sebesar- besarnya diucapkan kepada seluruh pihak terkait yang telah membantu atas selesainya laporan skripsi ini. Secara khusus penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu.

Pada Kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan rahmat, serta hidayah kepada penulis, hingga menyelesaikan skripsi ini sampai selesai.
2. Orang tua yang telah memberikan dukungan secara materi dan non-materi sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dari awal hingga akhir dengan baik.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MMT. selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Ibu Dr. Novirina Hendrasarie, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
5. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom, M.Kom. selaku Koordinator Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
6. Bapak Eka Prakarsa Mandyartha, S.T., M.Kom. selaku dosen wali saya yang telah membantu saya dalam perwalian yang saya alami sejak semester satu hingga semester delapan ini.
7. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom, M.Kom. selaku dosen pembimbing pertama saya yang sangat membantu dan memberikan arahan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik.
8. Bapak Achmad Junaidi, S.Kom, M.Kom. selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah membimbing saya dalam melakukan penulisan tugas akhir ini dengan maksimal.

9. Seluruh Dosen Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan.
10. Seluruh keluarga besar pengurus HIMATIFA UPN “Veteran” Jawa Timur periode 2020/2021 dan periode 2021/2022 yang telah menemani saya berproses dalam meningkatkan ilmu softskill saya selama perkuliahan.
11. Seluruh keluarga besar kabinet INTEGRAL BEM FASILKOM periode 2022/2023 yang telah mengajarkan arti kebersamaan dan kekeluargaan bagi saya.
12. Seluruh keluarga besar Wisma Gilang Permai, tetangga dan, pihak-pihak luar, serta NIM 22021264064 yang selalu mensupport saya dalam keadaan apapun yang selalu sabar menghadapi semua keluh kesah saya dalam penyelesaian penelitian skripsi ini.
13. Seluruh teman angkatan 2019 yang selalu menemani berjuang selama suka dan duka sejak memasuki perkuliahan.
14. Semua pihak yang penulis tidak sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis mengharapkan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah Subhanahu Wa Ta’ala memberikan balasan yang berlipat ganda atas kebaikan yang telah diberikan.

Surabaya, ¹² Juli 2023



Dede Ikhsan Dwi Saputra

19081010150

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	7
2.2 Citra Digital	10
2.2.1 Citra Berwarna	10
2.2.2 Citra Keabuan	10
2.2.3 Citra Biner.....	11
2.3 Pengolahan Citra Digital.....	11
2.4 Pembelajaran Mesin.....	12
2.5 Pembelajaran Mendalam.....	13
2.6 Jaringan Syaraf Tiruan.....	14
2.7 Convolutional Neural Network (CNN)	15
2.7.1 Feature Learning	16

2.7.2	Classification.....	17
2.7.3	MobileNetV2	19
2.7.4	EfficientNetB7	20
2.8	Ensemble Learning	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Alur Penelitian	25
3.2	Studi Literatur	26
3.3	Pengumpulan Data	26
3.4	Pre Processing Data	27
3.4.1	Akuisisi Data.....	28
3.4.2	Analisa Keseimbangan Data.....	28
3.5	Pelatihan Model	31
3.5.1	Kustomisasi dan Pengunduhan Base Model Arsitektur MobileNetV2 dan EfficientNetB7	32
3.5.2	Pembuatan Model Pre Trained Model MobileNetV2 dan EfficientNetB7	32
3.5.3	Menyimpan Bobot Pre Trained Model MobileNetV2 dan EfficientNetB7.....	33
3.5.4	Melatih Pre Trained Model MobileNetV2 dan EfficientNetB7	33
3.5.5	Fine Tune Pre Trained Model MobileNetV2 dan EfficientNetB7	34
3.5.6	Ensemble Pre Trained Model MobileNetV2 dan EfficientNetB7	34
3.6	Evaluasi Model	34
3.7	Skenario Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Implementasi Program	38
4.2	Pre Processing Data	38
4.3	Pelatihan Model	44
4.3.1	Kustomisasi dan Pengunduhan Base Model Arsitektur <i>MobileNetV2</i> dan <i>EfficientNetB7</i>	45
4.3.2	Pembuatan Model Pre Trained Model <i>MobileNetV2</i> dan <i>EfficientNetB7</i>	50
4.3.3	Penyimpanan Bobot Model Pre Trained Model <i>MobileNetV2</i> dan <i>EfficientNetB7</i>	

.....	52
4.3.4 Melatih Pre Trained Model MobileNetV2 dan EfficientNetB7	53
4.3.5 Fine Tune Pre Trained Model MobileNetV2 dan EfficientNetB7	61
4.3.6 Ensemble Pre Trained Model MobileNetV2 dan EfficientNetB7	68
4.4 Evaluasi Model	70
4.4.1 Hasil Keakuratan Pengujian	71
4.4.2 Confusion Matriks.....	108
BAB V PENUTUP.....	110
5.1 Kesimpulan.....	110
5.2 Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA.....	112
BIODATA PENULIS.....	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Citra Digital (Nafi'iyah 2015).....	11
Gambar 2. 2 Langkah - Langkah Pengolahan (Riadi, 2016)	12
Gambar 2. 3 Langkah Pengolahan Citra Digital (Rianto P and Harjoko A 2017).....	12
Gambar 2. 4 Arsitektur CNN (Ramba 2020)	16
Gambar 2. 5 Operasi Input dengan Filter (Ramba 2020).....	16
Gambar 2. 6 Perbedaan Max Pool dan Avg Pool (Ramba 2020)	17
Gambar 2. 7 Proses Reshape Feature Map Pada Flatten (Ramba 2020)	18
Gambar 2. 8 Contoh Fully Connected Layer (Uniqtech, 2018).....	18
Gambar 2. 9 Arsitektur MobileNetV2 Kotak Biru Menunjukkan Blok Pembentukan Konvolusi Linear	20
Gambar 2. 10 Arsitektur EfficientNet (Tan and Le 2019).....	21
Gambar 2. 11 Bagging (Cendani and Wibowo 2022).....	23
Gambar 2. 12 Boosting (Cendani and Wibowo 2022).....	24
Gambar 2. 13 Stacking (Cendani and Wibowo 2022)	24
Gambar 3. 1 Diagram Alur Tahapan Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Sampel Gambar dari Dataset.....	27
Gambar 3. 3 Tahapan Alur Pre Processing Data	27
Gambar 3. 4 Analisa Keseimbangan Data	29
Gambar 3. 5 Analisa Keseimbangan Data Dengan Augmentor	30
Gambar 3. 6 Diagram Alur Pelatihan Model	31
Gambar 4. 1 Identifikasi Data Seimbang	41
Gambar 4. 2 Identifikasi Data Seimbang Augmentor.....	42
Gambar 4. 3 Output Augementasi Data Tambahan	44
Gambar 4. 4 Hasil Skenario 1 Pelatihan Model.....	55
Gambar 4. 5 Hasil Skenario 2 Pelatihan Model.....	56
Gambar 4. 6 Hasil Skenario 3 Pelatihan Model.....	57
Gambar 4. 7 Hasil Skenario 4 Pelatihan Model.....	58
Gambar 4. 8 Hasil Skenario 5 Pelatihan Model.....	59
Gambar 4. 9 Hasil Skenario 6 Pelatihan Model.....	60
Gambar 4. 10 Hasil Skenario 1 Fine Tune Model	63
Gambar 4. 11 Hasil Skenario 2 Fine Tune Model	64

Gambar 4. 12 Hasil Skenario 3 Fine Tune Model	65
Gambar 4. 13 Hasil Skenario 4 Fine Tune Model	66
Gambar 4. 14 Hasil Skenario 5 Fine Tune Model	67
Gambar 4. 15 Hasil Skenario 6 Fine Tune Model	68
Gambar 4. 16 Mean Average Ensemble	69
Gambar 4. 17 Pelatihan Ensemble	70
Gambar 4. 18 Evaluasi Model Ensemble.....	71
Gambar 4. 19 Testing Ensemble Model Sampel A.....	82
Gambar 4. 20 Testing Ensemble Model Sampel B.....	83
Gambar 4. 21 Testing Ensemble Model Sampel C.....	84
Gambar 4. 22 Testing Ensemble Model Sampel D.....	85
Gambar 4. 23 Testing Ensemble Model Sampel E.....	86
Gambar 4. 24 Testing Ensemble Model Sampel F	87
Gambar 4. 25 Testing Ensemble Model Sampel G	88
Gambar 4. 26 Testing Ensemble Model Sampel H.....	89
Gambar 4. 27 Testing Ensemble Model Sampel I	90
Gambar 4. 28 Testing Ensemble Model Sampel J	91
Gambar 4. 29 Testing Ensemble Model Sampel K	92
Gambar 4. 30 Testing Ensemble Model Sampel L.....	93
Gambar 4. 31 Testing Ensemble Model Sampel M.....	94
Gambar 4. 32 Testing Ensemble Model Sampel N.....	95
Gambar 4. 33 Testing Ensemble Model Sampel O.....	96
Gambar 4. 34 Testing Ensemble Model Sampel P	97
Gambar 4. 35 Testing Ensemble Model Sampel Q.....	98
Gambar 4. 36 Testing Ensemble Model Sampel R.....	99
Gambar 4. 37 Testing Ensemble Model Sampel S	100
Gambar 4. 38 Testing Ensemble Model Sampel T	101
Gambar 4. 39 Testing Ensemble Model Sampel U.....	102
Gambar 4. 40 Testing Ensemble Model Sampel V.....	103
Gambar 4. 41 Testing Ensemble Model Sampel W.....	104
Gambar 4. 42 Testing Ensemble Model Sampel X.....	105
Gambar 4. 43 Testing Ensemble Model Sampel Y.....	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Arsitektur EfficientNetB7	23
Tabel 3. 1 Tabel Pembagian Dataset.....	28
Tabel 3. 2 Tabel Pembagian Dataset Dengan Augmentor	30
Tabel 3. 3 Tabel Hyperparameter Pada MobileNetV2 dan EfficientNetB7	32
Tabel 3. 4 Tabel Skenario Penelitian Pelatihan Model.....	36
Tabel 3. 5 Tabel Skenario Penelitian Fine Tune Model	36
Tabel 4. 1 Tabel Hasil Skenario Penelitian Pelatihan Model	54
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Skenario Penelitian Fine Tune Model.....	62
Tabel 4. 3 Pengujian Skenario 1 MobileNetV2	72
Tabel 4. 4 Pengujian Skenario 2 MobileNetV2	73
Tabel 4. 5 Pengujian Skenario 3 MobileNetV2	74
Tabel 4. 6 Pengujian Skenario 4 EfficientNetB7	76
Tabel 4. 7 Pengujian Skenario 5 EfficientNetB7	77
Tabel 4. 8 Pengujian Skenario 6 EfficientNetB7	78
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Ensemble Model.....	80
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Ensemble Model 450 Data Test	107
Tabel 4. 11 Tabel Confusion Matriks Ensemble Model	109