

**SISTEM KLASIFIKASI LESI KULIT PADA CITRA
DERMOSCOPY BERBASIS CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK**



**OLEH:
RENNY AMALIA PRATIWI
09042681822004**

**PROGRAM MAGISTER ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TAHUN 2020**

SISTEM KLASIFIKASI LESI KULIT PADA CITRA DERMOSCOPY BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

TESIS

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister**



OLEH:

RENNY AMALIA PRATIWI

09042681822004

**PROGRAM MAGISTER ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TAHUN 2020**

LEMBAR PENGESAHAN

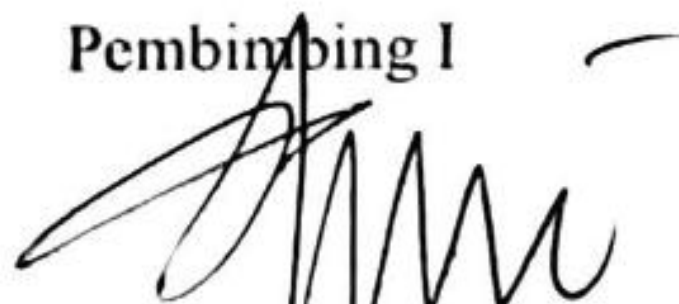
**SISTEM KLASIFIKASI LESI KULIT PADA CITRA
DERMOSCOPY BERBASIS CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK**

TESIS

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister

OLEH:
RENNY AMALIA PRATIWI
09042681822004

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T
196908021994012001

Palembang, Juli 2020

Pembimbing II



Dian Palupi Rini, S.Si, M.Kom, Ph.D
197802232006042002



Mengetahui,
Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer


Dr. Ir. Sukemi, M.T.
196812032006041001

HALAMAN PERSETUJUAN

Pada hari Jum'at tanggal 12 Juni 2020 telah dilaksanakan ujian sidang tesis oleh Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Renny Amalia Pratiwi
 N I M : 09042681822004
 Judul : Sistem Klasifikasi Lesi Kulit Pada Citra Dermoscopy Berbasis Convolutional Neural Network

1. Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.
 NIP. 196908021994012001



2. Pembimbing II

Dian Palupi Rini, S.Si. M.Kom, Ph.D.
 NIP. 197802232006042002



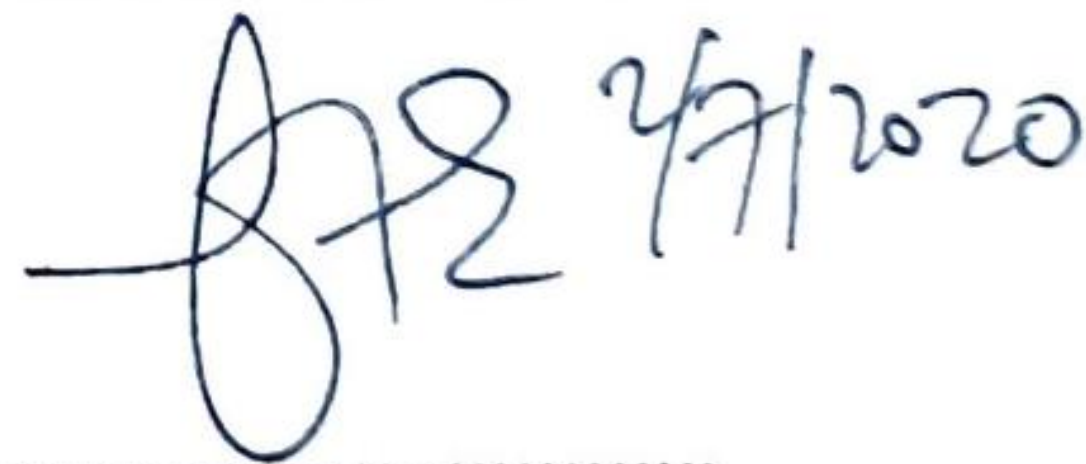
3. Penguji I

Dr. Ir. Sukemi, M.T.
 NIP. 196612032006041001



4. Penguji II

Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T.
 NIP. 196001121989031002



Mengetahui,
 Ketua Program Studi Magister Ilmu Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T.
 NIP. 196612032006041001



LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Renny Amalia Pratiwi
NIM : 09042681822004
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Judul Tesis : Sistem Klasifikasi Lesi Kulit Pada Citra Dermoscopy
Berbasis Convolutional Neural Network

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 1 %

Menyatakan bahwa laporan tesis saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, Juli 2020




(Renny Amalia Pratiwi)
NIM. 09042681822004

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul **“Sistem Klasifikasi Lesi Kulit Pada Citra Dermoscopy Berbasis Convolutional Neural Network”**.

Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penyelesaian Tesis ini, diantaranya:

1. Kedua orang tuaku Bapak H. Irmaidi, S.H. dan Ibu Ir. Hj. Eliza, M.T. yang telah memberikan motivasi, doa, dan restu.
2. Suamiku Dimas Istanto, S.Kom yang selalu memberikan dukungan dan semangat yang tiada hentinya.
3. Bapak Dr. Ir. Sukemi, M.T. selaku Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer dan Dosen Pembimbing Akademik, Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T. dan Ibu Dian Palupi Rini, S.Si, M.Kom., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Semua dosen Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah melimpahkan ilmunya kepada penulis selama proses belajar mengajar di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tesis ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kemajuan karya tulis khususnya yang berkenaan dengan Tesis ini. Penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya Magister Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Palembang, Juli 2020

Penulis

SKIN LESIONS CLASSIFICATION FROM DERMOSCOPY IMAGES BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Renny Amalia Pratiwi

ABSTRACT

Melanoma cancer has caused many deaths in the world. Therefore early detection, identification, and classification of skin lesions are very important in the diagnosis which can affect the survival of patients. Melanoma cancer can be detected using digital imaging called dermoscopy. Medical diagnosis using dermoscopy images with an automatic computerized system is very necessary for classifying the types of skin lesions both benign and malignant skin lesions. The classification of dermoscopy images has been studied and developed in many literature using various methods. This research will design a classification system for skin lesions using the Convolutional Neural Network (CNN) method so that it can identify dermoscopy images in several diagnostic categories. The research results obtained that the system can classify 7 classes of skin lesions with very good results. This study achieved average accuracy, average precision, average sensitivity, average specificity, and average F1 score were 97.23%, 90.12%, 97.73%, 82.01%, and 85.01% respectively.

Keywords : Skin lesion, melanoma, dermoscopy image, convolutional neural network

SISTEM KLASIFIKASI LESI KULIT PADA CITRA DERMOSCOPY BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Renny Amalia Pratiwi

ABSTRAK

Kanker melanoma telah menyebabkan banyak kematian di dunia. Oleh karena itu deteksi dini, identifikasi dan klasifikasi lesi kulit sangat penting dalam diagnosis yang dapat mempengaruhi keberlangsungan hidup pasien. Kanker melanoma dapat dideteksi dengan menggunakan pencitraan digital yang disebut dengan dermoscopy. Diagnosis medis menggunakan citra dermoscopy dengan sistem komputerisasi otomatis sangat diperlukan dalam mengklasifikasikan jenis lesi kulit baik itu lesi kulit jinak maupun kanker. Klasifikasi gambar dermoscopy telah diteliti dan dikembangkan dalam banyak literatur dengan menggunakan metode-metode yang bervariasi. Pada penelitian ini akan dirancang sistem klasifikasi lesi kulit dengan metode Convolutional Neural Network (CNN) sehingga dapat mengidentifikasi citra dermoscopy dalam beberapa kategori diagnosis. Pada hasil penelitian diperoleh bahwa sistem mampu mengklasifikasikan 7 kelas lesi kulit dengan hasil yang sangat baik. Penelitian ini mencapai akurasi rata-rata, presisi rata-rata, sensitivitas rata-rata, spesifisitas rata-rata, dan skor F1 rata-rata adalah 97,23%, 90,12%, 97,73%, 82,01%, dan 85,01% masing-masing.

Kata Kunci : Lesi Kulit, melanoma, citra *dermoscopy*, convolutional neural network

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRACT	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Penelitian.....	6
2.2 Citra Dermoscopy Lesi Kulit.....	8
2.2.1 Actinic Keratoses.....	8
2.2.2 Basal Cell Carcinoma	8
2.2.3 Benign Keratosis.....	9
2.2.4 Dermatofibroma.....	10
2.2.5 Melanocytic Nevi.....	10
2.2.6 Melanoma	11
2.2.7 Vascular Lesion	11
2.3 Deep Learning Pada Citra Dermoscopy	12
2.4 Transfer Learning	21
2.5 Ensemble Learning	25
2.6. <i>Performance Metrics</i>	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Kerangka Kerja.....	28
3.2 Studi Pustaka	30
3.3 Persiapan Data.....	30
3.4. Pra-Pengolahan.....	31
3.5 Pengklasifikasi CNN	36
3.5.1 Model Matematis CNN.....	37
3.5.2 Fine-Tuning Model CNN.....	46
3.5.3 Model Ensemble	48
3.5.4 Proses Pelatihan	49
3.5.5 Proses Validasi.....	50
3.5.6 Proses Pengujian.....	53

3.6 Analisis Hasil.....	53
3.7 Kesimpulan.....	54
BAB IV HASIL DAN ANALISA	55
4.1 Hasil <i>Fine Tuning</i> Model Inception V3 pada Lapisan Atas	55
4.2 Hasil Fine Tuning Model Inception V3 pada Semua Lapisan	59
4.3 Hasil Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Lapisan Atas	62
4.4 Hasil Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Semua Lapisan.....	66
4.5 Hasil Fine Tuning Model DenseNet pada Lapisan Atas	70
4.6 Hasil Fine Tuning Model DenseNet pada Semua Lapisan.....	73
4.7. Hasil Fine Tuning Seluruh Model	77
4.8. Hasil Model Ensemble	80
4.8. Diskusi.....	83
BAB V KESIMPULAN.....	88
5.1 Kesimpulan.....	88
5.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
RIWAYAT HIDUP PENULIS	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Actinic Keratosis (Tschandl et al., 2018)	8
Gambar 2.2 Basal Cell Carcioma (Tschandl et al., 2018)	9
Gambar 2.3 Benign Keratosis (Tschandl et al., 2018).....	9
Gambar 2.4 Dermatofibroma (Tschandl et al., 2018).....	10
Gambar 2.5 Melanocytic Nevi (Tschandl et al., 2018)	10
Gambar 2.6 Melanoma (Tschandl et al., 2018)	11
Gambar 2.7 Vascular Lesion (Tschandl et al., 2018)	12
Gambar 2.8 Ilustrasi Arsitektur yang diusulkan pada Penelitian (Pratiwi et al., 2019)	13
Gambar 2.9 Ilustrasi Arsitektur CNN dengan Struktur ResNet yang Digunakan Pada Penelitian (Mahbod et al., 2019)	14
Gambar 2.10 Ilustrasi Arsitektur CNN dengan Ensemble Learning yang Digunakan Pada Penelitian (Shahin et al., 2019)	15
Gambar 2.11 Ilustrasi Arsitektur yang Diusulkan Pada Penelitian (Harangi, 2018)	17
Gambar 2.12 Ilustrasi Arsitektur yang diusulkan pada Penelitian (Esteva et al., 2017)	18
Gambar 2.13 Arsitektur CNN Sederhana	20
Gambar 2.14 Ilustrasi Arsitektur GoogLeNet Inception V3 (Szegedy et al., 2015)	22
Gambar 2.15 Ilustrasi Arsitektur Inception ResNet V2 (Szegedy et al., 2017) ..	23
Gambar 2.16 Model Ensemble (Frazão & Alexandre, 2014).....	26
Gambar 2.17 <i>Confusion Matrix</i> Untuk Klasifikasi Biner.....	27
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Tahapan Pra-Pengolahan Data.....	31
Gambar 3.3 Sampel Data Citra Dermoscopy HAM10000	32
Gambar 3.4 Gambar Asli Sebelum Dilakukan Resize	33
Gambar 3.5 Gambar Setelah Dilakukan Resize	33
Gambar 3.6 Metode Augmentasi Data yang Diusulkan	34
Gambar 3.7 Digitalisasi Data.....	36
Gambar 3.8 Hasil Scaling	36
Gambar 3.9 Kernel yang Telah Diputar 180 ⁰	37
Gambar 3.10 Operasi Konvolusi Antara Matriks Input I dan Matriks Kernel F. 37	37
Gambar 3.11 CNN dengan Gambar RGB	38
Gambar 3.12 CNN dengan Kode Warna Input RGB	39
Gambar 3.13 Arsitektur CNN Tunggal yang Diusulkan	47
Gambar 3.14 Algoritma Model Ensemble CNN	48
Gambar 3.15 Arsitektur Ensemble CNN yang Diusulkan.....	48
Gambar 4.1 Plot Akurasi dari Fine Tuning Model Inception V3 pada Lapisan Atas	56
Gambar 4.2 Plot Loss dari Fine Tuning Model Inception V3 pada Lapisan Atas	56
Gambar 4.3 Kurva PR dari Fine Tuning Model Inception V3 pada Lapisan Atas	58

Gambar 4.4 Plot Akurasi dari Fine Tuning Model Inception V3 pada Semua Lapisan	59
Gambar 4.5 Plot Loss dari Fine Tuning Model Inception V3 pada Semua Lapisan	60
Gambar 4.6 Kurva PR Fine Tuning Model Inception V3 pada Semua Lapisan .	62
Gambar 4.7 Plot Akurasi dari Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Lapisan Atas.....	63
Gambar 4.8 Plot Loss dari Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Lapisan Atas.....	63
Gambar 4.9 Kurva PR Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Lapisan Atas	65
Gambar 4.10 Plot Akurasi dari Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Semua Lapisan	66
Gambar 4.11 Plot Loss dari Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Semua Lapisan	67
Gambar 4.12 Kurva PR Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Semua Lapisan	69
Gambar 4.13 Plot Akurasi dari Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Lapisan Atas	70
Gambar 4.14 Plot Loss dari Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Lapisan Atas	71
Gambar 4.15 Kurva PR Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Lapisan Atas .	73
Gambar 4.16 Plot Akurasi dari Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Semua Lapisan	74
Gambar 4.17 Plot Loss dari Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Semua Lapisan	75
Gambar 4.18 Kurva PR Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Semua Lapisan	77
Gambar 4.19 Hasil Kinerja Evaluasi Setiap Kelas dari Fine Tuning Beberapa Model CNN.....	78
Gambar 4.20 Hasil Kinerja Rata-Rata Evaluasi Fine Tuning Beberapa Model CNN	79
Gambar 4.21 Kurva PR dari Klasifikasi 7 Kelas Lesi Kulit dengan Model Ensemble CNN.....	83
Gambar 4.22 Perbandingan Confusion Matrix antara Model Tunggal CNN Sebelum Dilakukan Ensemble dan Model Ensemble CNN.....	84

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1 Penelitian Terkait Teknik Klasifikasi yang Pernah Dilakukan	7
TABEL 2.2 Kinerja Penelitian 2 Tahun Terakhir	19
TABEL 2.3 Arsitektur DenseNet (Huang et al., 2017)	24
TABEL 3.1 Ringkasan Jumlah Gambar dari Dataset The HAM10000 (Tschandl et al., 2018)	31
TABEL 3.2 Transformasi yang Diterapkan Untuk Augmentasi Data	35
TABEL 3.3 Pembagian Dataset	50
TABEL 3.4 Evaluasi Tes Diagnosis	50
TABEL 3.5 Struktur dan Hyperparameter Model Inception V3	51
TABEL 3.6 Struktur dan Hyperparameter Model Inception ResNet V2	52
TABEL 3.7 Struktur dan Hyperparameter Model DenseNet 201	52
TABEL 4.1 Hasil Kinerja Evaluasi Setiap Kelas dari Fine Tuning Model Inception V3 pada Lapisan Atas	57
TABEL 4.2 Hasil Kinerja Evaluasi Fine Tuning Model Inception V3 pada Lapisan Atas	57
TABEL 4.3 Confusion Matrix Klasifikasi 7 Kelas Lesi Kulit Berbasis Fine Tuning Model Inception V3 pada Lapisan Atas	58
TABEL 4.4 Hasil Kinerja Evaluasi Fine Tuning Model Inception V3 pada Semua Lapisan	60
TABEL 4.5 Hasil Kinerja Evaluasi Setiap Kelas dari Fine Tuning Model Inception V3 pada Semua Lapisan	61
TABEL 4.6 Confusion Matrix Klasifikasi 7 Kelas Lesi Kulit Berbasis Fine Tuning Model Inception V3 pada Semua Lapisan	61
TABEL 4.7 Hasil Kinerja Evaluasi Setiap Kelas dari Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Lapisan Atas	64
TABEL 4.8 Hasil Kinerja Evaluasi Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Lapisan Atas	64
TABEL 4.9 Confusion Matrix Klasifikasi 7 Kelas Lesi Kulit Berbasis Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Lapisan Atas	65
TABEL 4.10 Hasil Kinerja Evaluasi Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Semua Lapisan	68
TABEL 4.11 Hasil Kinerja Evaluasi Setiap Kelas dari Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Semua Lapisan	68
TABEL 4.12 Confusion Matrix Klasifikasi 7 Kelas Lesi Kulit Berbasis Fine Tuning Model Inception ResNet V2 pada Semua Lapisan	69
TABEL 4.13 Hasil Kinerja Evaluasi Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Lapisan Atas	71
TABEL 4.14 Hasil Kinerja Evaluasi Setiap Kelas dari Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Lapisan Atas	72
TABEL 4.15 Confusion Matrix dari Klasifikasi 7 Kelas Lesi Kulit Berbasis Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Lapisan Atas	72
TABEL 4.16 Hasil Kinerja Evaluasi Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Semua Lapisan	75

TABEL 4.17 Hasil Kinerja Evaluasi Setiap Kelas dari Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Semua Lapisan	76
TABEL 4.18 Confusion Matrix dari Klasifikasi 7 Kelas Lesi Kulit Berbasis Fine Tuning Model DenseNet 201 pada Semua Lapisan	76
TABEL 4.19 Hasil Kinerja Evaluasi dari Percobaan Beberapa Model Ensemble CNN	80
TABEL 4.20 Hasil Kinerja Evaluasi Setiap Kelas dari Model Ensemble CNN yang Diusulkan.....	81
TABEL 4.21 Confusion Matrix Klasifikasi 7 Kelas Lesi Kulit Berbasis Model Ensemble CNN.....	82
TABEL 4.22 Perbandingan Hasil Akurasi Klasifikasi dari Setiap Kelas	82
TABEL 4.23 Perbandingan Hasil Kinerja Evaluasi Model Tunggal CNN dan Model Ensemble.....	84
TABEL 4.24 Studi Perbandingan Penelitian Klasifikasi Multi Kelas dalam 2 Tahun Terakhir.....	85
TABEL 4.25 Perbandingan Kinerja Model Ensemble pada Dataset yang Berbeda	87

DAFTAR SINGKATAN

SVM	= Support Vector Machine
DNN	= Deep Neural Network
CNN	= Convolutional Neural Networks
RNN	= Recurrent Neural Network
ISIC	= International Skin Imaging Collaboration
AUC	= Area Under The Receiver Operating Characteristic Curve
FC	= Fully Connected
ReLu	= Rectified Linear unit
RGB	= Red Green Blue
TP	= True Positive
TN	= True Negative
FP	= False Positive
FN	= False Negative
ILSVRC	= Image Large Scale Visual Recognition Challenge
AKIEC	= Actinic Keratosis
BCC	= Basal Cell Carcinoma
BKL	= Benign Keratosis-like Lesions
DF	= Dermatofibroma
MEL	= Melanoma
NV	= Melanocytic Nevi
VASC	= Vascular Lesions
Adam	= Adaptive moment estimation
PR	= Precision-Recall
Acc	= Accuracy
Pre	= Precision
Sen	= Sensitivity
Spe	= Specificity
Avg	= Average

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1.** Form Konsultasi Tesis
- LAMPIRAN 2.** Lembar Revisi Ujian Proposal Tesis
- LAMPIRAN 3.** Lembar Revisi Ujian Seminar Hasil
- LAMPIRAN 4.** Lembar Revisi Ujian Tesis II
- LAMPIRAN 5.** Hasil Pengecekan Software Ithenticate/Turniting
- LAMPIRAN 6.** Publikasi Ilmiah
- LAMPIRAN 7.** Source Code Python

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, selanjutnya dirumuskan menjadi suatu permasalahan, termasuk batasannya. Kemudian ditentukan tujuan dari penelitian yang dilakukan dan metodologi yang akan digunakan dalam penelitian ini agar menghasilkan kinerja yang memuaskan.

1.1 Latar Belakang

Lesi kulit adalah adalah jaringan kulit yang memiliki pertumbuhan atau penampilan yang abnormal dibandingkan dengan kulit di sekitarnya (Longe, 2015). Beberapa jenis lesi dapat berpotensi kanker. Salah satu kanker kulit yang dianggap sebagai tumor ganas adalah melanoma (Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER), 2017). Melanoma terbentuk dalam melanosit, yaitu sel yang memproduksi pigmen (Hartman & Lin, 2019). Kanker ini dapat muncul pada kulit normal dan paling sering terjadi pada kulit yang sering terkena sinar matahari, seperti wajah, leher, tangan, dan lengan (National Cancer Institute. Bethesda, 2018). Kanker melanoma banyak menyebabkan kematian di dunia (American Cancer Society. Atlanta, 2019). Sehingga sangat penting untuk mendiagnosis melanoma pada tahap awal agar kelangsungan hidup pasien dapat ditingkatkan (Balch et al., 2009).

Melanoma dapat dideteksi dengan diagnosis medis menggunakan pencitraan digital atau disebut dengan *dermoscopy* (Vestergaard, Macaskill, Holt, & Menzies, 2008). *Dermoscopy* adalah teknik pencitraan non-invasif yang memperoleh gambar yang diperbesar dari lesi kulit dengan pemanfaatan cahaya terpolarisasi (Binder et al., 1995). Teknik ini memvisualisasikan fitur lesi pigmentasi kulit yang tidak dapat dilihat dan dinilai secara langsung (Martini, 2004; Vestergaard et al., 2008). Meskipun metode ini meningkatkan akurasi diagnosis tetapi prosesnya sangat kompleks dan rawan kesalahan (Vestergaard et al., 2008).

Oleh karena itu, diagnosis medis menggunakan pencitraan digital dengan sistem komputerisasi secara otomatis sangat diperlukan dalam pengambilan keputusan.

Klasifikasi gambar *dermoscopic* lesi kulit telah diteliti sejak lama dalam banyak literatur. Penelitian mengenai klasifikasi lesi kulit melalui citra *dermoscopy* menggunakan metode-metode yang bervariasi, dari metode konvensional seperti teknik ekstraksi fitur tradisional berdasarkan fitur tekstur dan warna (Barata, Ruela, Francisco, Mendonca, & Marques, 2014), analisis tekstur berbasis border dan dekomposisi wavelet (Garnavi, Aldeen, & Bailey, 2012), dan pemrosesan gambar berbasis aturan atau algoritma segmentasi (Ganster et al., 2001). Pendekatan lain menggunakan teknik klasifikasi dengan metode *machine learning* diterapkan, seperti *Support Vector Machine* (SVM) (Sana, Shahid, & Khan, 2017), *Decision Tree* (Ferris et al., 2015) dan *Neural Network* (Xie et al., 2016). Namun, metode-metode tersebut masih belum optimal karena proses klasifikasi citra *dermoscopy* memerlukan ekstraksi fitur dan pemrosesan tambahan dari dataset dimana parameter model tidak secara langsung dikurangi (Guo & Ashour, 2018). Saat ini, ada sebuah metode *machine learning* yang dikembangkan untuk mengatasi hal tersebut dengan struktur yang berbeda. Khususnya pada struktur *learning* yang dilakukan secara mendalam atau dikenali dengan metode *deep learning*.

Dalam beberapa tahun terakhir telah banyak dilakukan penelitian – penelitian menggunakan metode *deep learning*. Metode ini memiliki arsitektur pembelajaran mesin yang digunakan untuk menangani kumpulan data besar. Beberapa metode yang menerapkan *deep learning* antara lain *Deep Neural Network* (DNN), *Convolutional Neural Networks* (CNN), dan *Recurrent Neural Network* (RNN) (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015).

Metode CNN dianggap memiliki arsitektur yang paling baik di beberapa aplikasi untuk klasifikasi gambar, terutama dalam proses klasifikasi gambar medis (Yamashita, Nishio, Do, & Togashi, 2018). Khususnya pada klasifikasi lesi kulit untuk mendeteksi kanker kulit, beberapa peneliti telah menerapkan CNN (Pratiwi, Nurmaini, & Rini, 2019) (Mahbod et al., 2019) (Shahin, Kamal, & Elattar, 2019) (Ratul, Hamed Mozaffari, Lee, & Parimbelli, 2019) (Harangi, 2018) (Esteva et al., 2017). CNN memiliki kerangka kerja konseptual yang signifikan termasuk pembagian bobot, *local perception area*, dan *downsampling space*. Pada metode ini

perpindahan, distorsi dan karakteristik penskalaan (*scaling*) relatif tidak berubah (Stanford computer science class, 2016). Namun, metode CNN yang digunakan untuk mengklasifikasi lesi kulit pada beberapa penelitian tersebut masih menggunakan dua sampai tiga kelas yang sebenarnya lesi kulit ada banyak kategori diagnosis.

Sehingga pada penelian ini diperlukan untuk mengklasifikasikan *multiclass* pada beberapa kategori diagnosis lesi kulit. Teknik klasifikasi yang diusulkan adalah CNN untuk mengklasifikasikan lesi kulit dalam beberapa kelas penyakit yang berbeda.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka perumusan masalah pada penelitian ini yaitu “Bagaimana mengklasifikasi lesi kulit jinak dengan lesi kulit kanker pada citra *dermoscopy*”? Dari rumusan masalah tersebut, maka dapat diuraikan menjadi :

1. Bagaimana membuat pra-pengolahan data citra *dermoscopy* untuk mengklasifikasikan lesi kulit dalam beberapa kelas penyakit yang berbeda?
2. Bagaimana merancang pengklasifikasi untuk sistem klasifikasi lesi kulit menggunakan metode CNN pada citra *dermoscopy* ?
3. Bagaimana mengukur kinerja pengklasifikasi yang optimal dalam hal nilai akurasi, presisi, sensitivitas, spesifisitas dan F1 score?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam sistem klasifikasi lesi kulit yang dirancang pada tesis ini adalah:

1. Sistem hanya berupa simulasi untuk mengklasifikasikan lesi kulit.
2. Dataset yang digunakan sebagai input dari sistem jaringan yang dibuat merupakan data citra *dermoscopy* HAM10000 yang tersedia untuk umum melalui arsip *International Skin Imaging Collaboration* (ISIC) (Tschandl, Rosendahl and Kittler, 2018). Jumlah dataset terdiri dari 10.015 citra *dermoscopy* yang dirilis sebagai set pelatihan untuk tujuan pembelajaran mesin akademik.

3. Kinerja pengklasifikasi yang akan diukur adalah akurasi, spesifisitas, presisi, sensitivitas, dan F1 score.

1.4 Tujuan

Secara umum tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem klasifikasi lesi kulit pada citra *dermoscopy* dengan menggunakan metode CNN. Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Membuat pra-pengolahan data citra untuk mengklasifikasikan lesi kulit dalam beberapa kelas penyakit yang berbeda.
2. Merancang pengklasifikasi untuk sistem klasifikasi lesi kulit menggunakan metode CNN pada citra *dermoscopy*.
3. Mengukur kinerja pengklasifikasi yang optimal dalam hal nilai akurasi, presisi, sensitivitas, spesifisitas dan F1 score.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan bertujuan untuk lebih memudahkan dalam menyusun dan memperjelas isi dari setiap bab yang ada pada penelitian ini yang dirangkum sebagai berikut :

1. BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang seluruh penjelasan mengenai landasan teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penulisan tesis ini.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi penjelasan secara bertahap dan terperinci tentang langkah-langkah (metodologi) yang digunakan untuk membuat kerangka berfikir dan kerangka kerja dalam menyelesaikan tesis.

4. BAB IV Analisa dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang analisa, pembahasan dan data – data hasil pengukuran kinerja pengklasifikasi yang optimal dalam hal nilai akurasi, presisi, sensitivitas, spesifisitas dan F1 *score*.

5. BAB V Kesimpulan

Bab ini berisi kesimpulan tentang hasil yang telah diperoleh serta merupakan jawaban dari tujuan yang ingin dicapai pada bab 1 (pendahuluan).

DAFTAR PUSTAKA

- Alom, M. Z., Taha, T. M., Yakopcic, C., Westberg, S., Sidike, P., Nasrin, M. S., ... Asari, V. K. (2019). A state-of-the-art survey on deep learning theory and architectures. *Electronics (Switzerland)*, 8(3), 1–67. <https://doi.org/10.3390/electronics8030292>
- American Cancer Society. Atlanta. (2019). Cancer facts and figures 2013. American Cancer Society Atlanta.
- Amin-Naji, M., Aghagolzadeh, A., & Ezoji, M. (2019). Ensemble of CNN for multi-focus image fusion. *Information Fusion*, 51(August 2018), 201–214. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.02.003>
- Attia, M., Hossny, M., Nahavandi, S., & Yazdabadi, A. (2017). Skin melanoma segmentation using recurrent and convolutional neural networks. *Proceedings - International Symposium on Biomedical Imaging*, 292–296. <https://doi.org/10.1109/ISBI.2017.7950522>
- Balch, C. M., Gershenwald, J. E., Soong, S., Thompson, J. F., Atkins, M. B., Byrd, D. R., ... Sondak, V. K. (2009). Final Version of 2009 AJCC Melanoma Staging and Classification. *Journal of Clinical Oncology*, 27(36), 6199–6206. <https://doi.org/10.1200/JCO.2009.23.4799>
- Barata, C., Ruela, M., Francisco, M., Mendonca, T., & Marques, J. S. (2014). Two systems for the detection of melanomas in dermoscopy images using texture and color features. *IEEE Systems Journal*, 8(3), 965–979. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2013.2271540>
- Benedetti, J. (2019). Description of Skin Lesions. In *Merck and the Merck Manuals*. Merck & Co., Inc., Retrieved from <https://www.merckmanuals.com/professional/dermatologic-disorders/approach-to-the-dermatologic-patient/description-of-skin-lesions>
- Binder, M., Schwarz, M., Winkler, A., Steiner, A., Kaider, A., Wolff, K., & Pehamberger, H. (1995). Epiluminescence Microscopy: A Useful Tool for the Diagnosis of Pigmented Skin Lesions for Formally Trained Dermatologists. *Archives of Dermatology*, 131(3), 286–291.

- <https://doi.org/10.1001/archderm.1995.01690150050011>
- Boureau, Y.-L., Ponce, J., Fr, J. P., & Lecun, Y. (2010). *Icml2010B.Pdf. Icml*, 111–118. <https://doi.org/citeulike-article-id:8496352>
- Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database. In *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 248–255). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2009.5206848>
- DeVries, T., & Ramachandram, D. (2017). Skin Lesion Classification Using Deep Multi-scale Convolutional Neural Networks. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1703.01402>
- Diez, P. (2018). *Chapter 1 - Introduction. Chiral Analysis* (Second Edition). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812892-3/00001-7>
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, *542*, 115. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- Ferris, L. K., Ms, J. A. H., Ms, B. G., Ms, D. G. W., Mhs, K. G., Akilov, O., & Satyanarayanan, M. (2015). Computer-aided classification of melanocytic lesions using dermoscopic images. *Journal of American Dermatology*, *73*(5), 769–776. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2015.07.028>
- Frazão, X., & Alexandre, L. A. (2014). Weighted Convolutional Neural Network Ensemble. In E. Bayro-Corrochano & E. Hancock (Eds.), *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications* (pp. 674–681). Cham: Springer International Publishing.
- Ganster, H., Pinz, A., Röhner, R., Wildling, E., Binder, M., & Kittler, H. (2001). Automated melanoma recognition. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, *20*(3), 233–239. <https://doi.org/10.1109/42.918473>
- Garnavi, R., Aldeen, M., & Bailey, J. (2012). Computer-aided diagnosis of melanoma using border- and wavelet-based texture analysis. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, *16*(6), 1239–1252. <https://doi.org/10.1109/TITB.2012.2212282>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press

- book. Retrieved from <https://www.deeplearningbook.org/contents/convnets.html>
- Guo, Y., & Ashour, A. S. (2018). Multiple Convolutional Neural Network for Skin Dermoscopic Image Classification. *Department of Computer Science, University of Illinois at Springfield, Springfield, Illinois, USA.*
- Harangi, B. (2018). Skin lesion classification with ensembles of deep convolutional neural networks. *Journal of Biomedical Informatics*, 86(August), 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.08.006>
- Hartman, R. I., & Lin, J. Y. (2019). Cutaneous Melanoma—A Review in Detection, Staging, and Management. *Hematology/Oncology Clinics of North America*, 33(1), 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.hoc.2018.09.005>
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017, 2017-Janua*, 2261–2269. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.243>
- Lallas, A., Apalla, Z., Argenziano, G., Longo, C., Moscarella, E., Specchio, F., ... Zalaudek, I. (2014). The dermatoscopic universe of basal cell carcinoma. *Dermatology Practical & Conceptual*, 4(3), 11–24. <https://doi.org/10.5826/dpc.0403a02>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature Methods*, 13(1), 35. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3707>
- Liu, T., Fang, S., Zhao, Y., Wang, P., & Zhang, J. (2015). Implementation of Training Convolutional Neural Networks. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1506.01195>
- Longe, J. L. (2015). *The Gale Encyclopedia of Medicine*. Gale, Cengage Learning. Retrieved from https://books.google.co.id/books?id=5_rWjgEACAAJ
- Mahbod, A., Schaefer, G., Ellinger, I., Ecker, R., Pitiot, A., & Wang, C. (2019). Fusing fine-tuned deep features for skin lesion classification. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 71, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2018.10.007>
- Marler, J. J., & Mulliken, J. B. (2005). Current management of hemangiomas and vascular malformations. *Clinics in Plastic Surgery*, 32(1), 99–116, ix.

<https://doi.org/10.1016/j.cps.2004.10.001>

- Martini, M. (2004). An Atlas of Surface Microscopy of Pigmented Skin Lesions: Dermoscopy, 2nd ed. *Archives of Dermatology*, 140(2), 248. <https://doi.org/10.1001/archderm.140.2.248-a>
- Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER). (2017). How skin cancer develops. Retrieved December 14, 2018, from <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/skin-cancer/multimedia/melanoma/vid-20084739>
- National Cancer Institute. Bethesda, M. (2018). SEER Cancer Stat Facts: Melanoma of the Skin. Retrieved February 7, 2019, from <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/melan.html>
- Özdemir, F. (1998). Color Atlas of Melanocytic Lesions of the Skin. *Color Atlas of Melanocytic Lesions of the Skin*, 1:729–814.
- Pratiwi, R. A., Nurmaini, S., & Rini, D. P. (2019). Skin Lesion Classification Based on Convolutional Neural Networks, 8(3), 203–216.
- Raissa, F., Rahmayunita, G., Menaldi, S. L., & Soemarko, D. (2016). Occupational skin cancer and precancerous lesions. *J Gen Pro DVI. J Gen Pro DVI*, 11(33), 77–8577.
- Ratul, A. R., Hamed Mozaffari, M., Lee, W.-S., & Parimbelli, E. (2019). Skin Lesions Classification Using Deep Learning Based on Dilated Convolution. *BioRxiv*, 860700. <https://doi.org/10.1101/860700>
- Romero Lopez, A., Giro-i-Nieto, X., Burdick, J., & Marques, O. (2017). Skin Lesion Classification from Dermoscopic Images Using Deep Learning Techniques. *Biomedical Engineering*. <https://doi.org/10.2316/P.2017.852-053>
- Rosendahl, C., Cameron, A., Tschandl, P., Bulinska, A., Gourhant, J.-Y., Minas, S., & Kittler, H. (2012). Dermatoscopy in routine practice - ‘Chaos and Clues.’ *Aust Fam Physician*, 41(7), 482–487.
- Rosendahl, C., Tschandl, P., Cameron, A., & Kittler, H. (2011). Diagnostic accuracy of dermatoscopy for melanocytic and nonmelanocytic pigmented lesions. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 64(6), 1068–1073. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2010.03.039>
- Saito, T., & Rehmsmeier, M. (2015). The precision-recall plot is more informative

- than the ROC plot when evaluating binary classifiers on imbalanced datasets. *PLoS ONE*, 10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118432>
- Sana, Shahid, M., & Khan, S. (2017). Dermoscopy Images Classification based on Color , Texture and Shape Features Using SVM, (March).
- Schiffner, R., Schiffner-Rohe, J., Vogt, T., Landthaler, M., Wlotzke, U., Cagnetta, A. B., & Stolz, W. (2000). Improvement of early recognition of lentigo maligna using dermatoscopy. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 42(1 I), 25–32. [https://doi.org/10.1016/S0190-9622\(00\)90005-7](https://doi.org/10.1016/S0190-9622(00)90005-7)
- Shahin, A. H., Kamal, A., & Elattar, M. A. (2019). Deep Ensemble Learning for Skin Lesion Classification from Dermoscopic Images. *2018 9th Cairo International Biomedical Engineering Conference, CIBEC 2018 - Proceedings*, 150–153. <https://doi.org/10.1109/CIBEC.2018.8641815>
- Stanford computer science class. (2016). Convolutional Neural Networks for Visual Recognition. Retrieved October 8, 2018, from <http://cs231n.github.io/convolutional-networks/>
- Szegedy, C., Ioffe, S., Vanhoucke, V., & Alemi, A. A. (2017). Inception-v4, inception-ResNet and the impact of residual connections on learning. *31st AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2017*, 4278–4284.
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., & Reed, S. (2015). Going Deeper with Convolutions. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 1–9). Boston. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298594>
- Tajbakhsh, N., Shin, J. Y., Gurudu, S. R., Hurst, R. T., Kendall, C. B., Gotway, M. B., & Jianming Liang. (2016). Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis: Full Training or Fine Tuning? *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 35(5), 1299–1312. <https://doi.org/10.1109/TMI.2016.2535302>
- Talia, D., Trunfio, P., & Marozzo, F. (2016). Chapter 1 - Introduction to Data Mining. In D. Talia, P. Trunfio, & F. B. T.-D. A. in the C. Marozzo (Eds.), *Computer Science Reviews and Trends* (pp. 1–25). Boston: Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802881-0.00001-9>
- Tan, P.-N., Steinbach, M., & Kumar, V. (2016). *Introduction to Data Mining*.

Pearson Education India. <https://doi.org/10.12694/scpe.v9i4.542>

- Tschandl, P., Rosendahl, C., & Kittler, H. (2018). Data descriptor: The HAM10000 dataset, a large collection of multi-source dermatoscopic images of common pigmented skin lesions. *Scientific Data*, 5, 1–9. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.161>
- Vasconcelos, C. N., & Vasconcelos, B. N. (2017). Convolutional Neural Network Committees for Melanoma Classification with Classical And Expert Knowledge Based Image Transforms Data Augmentation, 2012–2015. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1702.07025>
- Vestergaard, M. E., Macaskill, P., Holt, P. E., & Menzies, S. W. (2008). Dermoscopy compared with naked eye examination for the diagnosis of primary melanoma: A meta-analysis of studies performed in a clinical setting. *British Journal of Dermatology*, 159(3), 669–676. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08713.x>
- Xie, F., Fan, H., Li, Y., Jiang, Z., Meng, R., & Bovik, A. C. (2016). Melanoma Classification on Dermoscopy Images using a Neural Network Ensemble Model. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 0062(c), 1–11. <https://doi.org/10.1109/TMI.2016.2633551>
- Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., & Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights into Imaging*, 9(4), 611–629. <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0639-9>
- Zaballos, P., Puig, S., Llambrich, A., & Malvehy, J. (2008). Dermoscopy of Dermatofibromas. *Archives of Dermatology*, 144(1), 75–83. <https://doi.org/10.1001/archdermatol.2007.8>
- Zhang, Q., Zhang, M., Chen, T., Sun, Z., Ma, Y., & Yu, B. (2019). Recent advances in convolutional neural network acceleration. *Neurocomputing*, 323, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.09.038>
- Zhao, Z., & Kumar, A. (2017). Accurate Periocular Recognition under Less Constrained Environment Using Semantics-Assisted Convolutional Neural Network. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 12(5), 1017–1030. <https://doi.org/10.1109/TIFS.2016.2636093>