



Klasifikasi Citra Pigmen Kanker Kulit Menggunakan Convolutional Neural Network

Luqman Hakim¹, Zamah Sari², Handhajani³

^{1,2}Informatika, Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

³Sistem Informasi, Teknik dan Informatika, Universitas Gajayana Malang

¹luqman.hakim@umm.ac.id, ²zamahsari@umm.ac.id, ³sinbad@unigamalang.ac.id

Abstract

Skin cancer is a very common form of cancer that can be found in the United States with annual treatment costs exceeding \$ 8 billion. New innovations in the classification and detection of skin cancer using artificial neural networks continue to develop to help the medical and medical world in analyzing images accurately and accurately. Researchers propose to classify skin cancer pigments by focusing on two classes, namely non-melanocytic malignant and benign, where the skin cancer category which is classified into the non-melanocytic class is Actinic keratoses, Basal cell carcinoma. While skin cancers that are classified into Benign are Benign keratosis like lesions, dermatofibroma, vascular lesions. The method used in this study is Convolutional Neural Network (CNN) with a model architecture using 8 Convolutional 2D layers which have filters (16, 16, 32, 32, 64, 64, 128, 128). The first input layers are (20,20). and the following layers (5,5 and 3,3), the types of pooling used in this study are MaxPooling and AveragePooling. The Fully Connected Layer used is (256, 128) and uses a Dropout (0.2). The dataset is obtained from the International Skin Imaging Collaboration (ISIC) 2018 with a total of 10015 images. Based on the results of the test and evaluation reports, an accuracy of 75% is obtained. with the highest precision and recall values found in the Benign class, namely 0.80 and 0.82 respectively and the f1_score value of 0.81.

Keywords: Neural Network, Deep Learning, CNN, skin cancer, convolution.

Abstrak

Kanker kulit merupakan bentuk kanker yang sangat umum yang dapat di temukan di Amerika Serikat dengan biaya perawatan per tahunnya melebihi \$8 miliar. Inovasi baru dalam klasifikasi dan deteksi penyakit kanker kulit menggunakan jaringan saraf tiruan terus berkembang untuk membantu dunia medis dan kedokteran dalam menganalisa gambar secara tepat dan akurat. Peneliti mengusulkan untuk klasifikasi pigmen kanker kulit dengan berfokus pada dua kelas yaitu non-melanocytic malignant dan benign, dimana kategori kanker kulit yang digolongkan ke dalam kelas non-melanocytic adalah *Actinic keratoses*, *Basal cell carcinoma*. Sedangkan kanker kulit yang digolongkan ke dalam Benign adalah *Benign keratosis like lesions*, *dermatofibroma*, *vascular lesions*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Convolutional Neural Netwok (CNN)* dengan arsitektur model menggunakan 8 layer *Convolutional 2D* yang memiliki filters (16, 16, 32, 32, 64, 64, 128, 128) input layers pertama adalah (20,20) dan layer berikutnya (5,5 dan 3,3), jenis *pooling* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *MaxPooling* dan *AveragePooling*. *Fully Connected Layer* yang digunakan adalah (256, 128) serta menggunakan Dropout (0.2) Dataset di peroleh dari *International Skin Imaging Collaboration (ISIC)* 2018 dengan jumlah 10015 gambar. Berdasarkan hasil report pengujian dan evaluasi diperoleh akurasi sebesar 75%. dengan nilai precision dan recall tertinggi terdapat pada kelas benign yaitu masing-masing sebesar 0,80 dan 0,82 serta nilai *f1_score* sebesar 0,81.

Kata kunci: Neural Network, Deep Learning, CNN, kanker kulit.

1. Pendahuluan

Kanker kulit merupakan bentuk kanker yang sangat umum yang dapat di temukan di Amerika Serikat dengan biaya perawatan per tahunnya melebihi \$8 miliar [1]. Melanoma salah satu jenis kanker kulit yang menyumbang kematian yang sangat banyak di dunia

tahun 2018 [2]. Menurut statistika negara india, pada tahun 2015 dilaporkan tingkat kanker kulit di India lebih tinggi dibandingkan dengan negara lain seperti Kanada, AS dan UK. Telah dilaporkan bahwa hampir 123.693 kasus kanker baru ditemukan dan diperkirakan 45.395 orang meninggal karena kanker [3].

Kanker kulit diklasifikasikan berdasarkan jenis yaitu *melanocytic lesions* dan *non-melanocytic*. Berdasarkan jenis asalnya *melanocytic lesions* termasuk *melanoma* dan *melanocytic nevus*. Demikian juga lesi *non-melanocytic* termasuk *basal cell karsinoma*, *actinic keratosis*, *dermatofibroma*, *vascular lesions* dan *benign keratosis*. Penyebaran melanoma tidak selalu penyebaran non-melanoma dan bersifat *metastasis* yaitu meyebar dengan cepat dari titik asal terlokalisasi pada kulit ke organ tubuh lainnya melalui sistem limfatik [4]. Melanoma terjadi di kulit dan mulut, pada banyak kasus pria banyak mengalami melanoma di punggung dan wanita pada kaki [4]. Meskipun tingkat kematian kanker kulit cukup tinggi yakni 95% tetapi dapat disembuhkan apabila kanker terdeteksi pada fase awal.

Inovasi baru dalam klasifikasi dan deteksi penyakit kanker kulit menggunakan jaringan saraf tiruan terus berkembang untuk membantu dunia medis dan kedokteran dalam menganalisa gambar secara tepat dan akurat. Segmentasi kulit merupakan langkah dalam komputer untuk mendiagnosa berbagi penyakit kulit melalui gambar dermoscopic [5]. Segmentasi lesi kulit secara otomatis pada gambar dermoscopic cukup menantang karena variasi dalam ukuran lesi, lokasi, bentuk dan warna pada pasien yang berbeda-beda dan adanya rambut dan vena pada lesi kulit [6]. Analisis dan klasifikasi jenis gambar lesi kulit merupakan peranan penting dalam diagnosa dan strategi perawatan. walaupun gambar atau citra memberikan hasil yang terbaik saat ini untuk melihat hasil kanker kulit tetapi gambar harus tetap di evaluasi untuk memberikan hasil yang akurat saat klasifikasi kanker kulit [7].

Untuk melakukan klasifikasi gambar dermoscopic kanker kulit digunakan pendekatan *deep learning*. Teknik ini mengekstrak fitur penting yang terkandung dalam gambar dermoscopic. Dalam teknik *deep learning* data akan diajukan ke sistem dan membuat sistem belajar secara mandiri [8].

Teknik *deep learning* (DL) dalam medis memiliki arsitektur pembelajaran mesin, yang didorong dengan kompetensi untuk menangani kumpulan data besar dari perhitungan kompleks dan menghasilkan penilaian yang cukup akurat untuk menangani masalah klasifikasi gambar terutama dalam menganalisis penyakit [9]. Untuk klasifikasi gambar, *convolutional neural network* (CNN) merupakan sebuah metode dalam *deep learning* yang biasa digunakan dalam klasifikasi gambar dalam jumlah besar [10]. Struktur model CNN terinspirasi dari struktur sistem visual mamalia [11]. CNN memiliki kerangka kerja konseptual yang signifikan, termasuk pembagian bobot, persepsi dan ruang pengambilan sampel domain, yang menjamin perpindahan relative, distorsi dan karakteristik penskalaan. Kemajuan dalam perangkat keras komputasi dan ketersediaan dataset dermoscopic *open source* menjadikan *Neural Networks*

sebagai metode yang efisien untuk klasifikasi gambar [12].

Beberapa penelitian yang dijadikan pendukung dalam penelitian terkait adalah penelitian yang dilakukan oleh Enakshi Jana et al [13] mengusulkan klasifikasi lesi kulit menjadi 3 jenis kanker kulit dan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Berbeda dengan Enakshi Jane, Kiran Pai et al [14] mengusulkan 7 kelas penyakit kanker yang berbeda dan menggunakan algoritma VGG. Arief Budhiman et al [15] mengusulkan model ResNet untuk klasifikasi kanker melanoma menghasilkan akurasi 83%. Enshaf Muhammad et al [16] mengusulkan penggunaan pre trained model MobileNet dan DenseNet-121 untuk meningkatkan akurasi klasifikasi dengan hasil 82.6% dan 71.9% pada tahun 2018, Harangi et al [17] mengusulkan sebuah metode untuk mengklasifikasikan kanker kulit menggunakan model CNN, Alexnet, VGGNet dan GoogleNet dengan akurasi penggabungan model masing-masing 79% nevus, 85% melanoma dan keratosis sebarok 86%, Vatsala singh et al [18] mengusulkan metode CNN untuk mengklasifikasikan benign dan malignant menghasilkan akurasi 80.3%. pada tahun 2019 Ech-cherif et al [19] mengusulkan metode *deep convolutional neural network* dengan model MobileNetV2 untuk mendeteksi kanker kulit menghasilkan akurasi 88%. Shanin et al [20] mengusulkan klasifikasi lesi kulit menjadi 7 kelas dengan data 10.015 gambar menggunakan model ResNet-50 dan Inception V3 memperoleh hasil akurasi 89.9%. Kaymak et al [21] mengusulkan metode Alexnet untuk membagi lesi kulit menjadi tiga percobaan yaitu mengklasifikasikan *melanocytic* dan *non-melanocytic*, *melanoma* dan *melanocytic*, *malignant* dan *benign* mendapatkan akurasi 78%, 84% dan 58%.

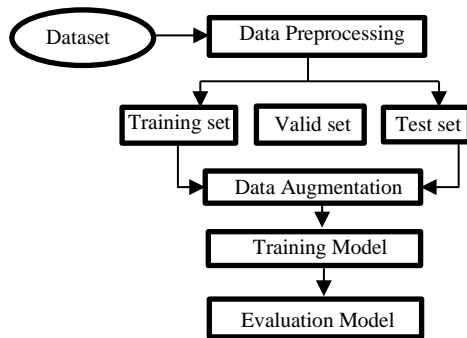
Pada penelitian ini, peneliti mengusulkan untuk klasifikasi pigmen kanker kulit menggunakan algoritma *convolutional neural network*. dataset yang di peroleh dari *International Skin Imaging Collaboration* (ISIC) 2018 dengan jumlah 10015 gambar yang berfokus pada 2 kategori yaitu *Non-Melanocytic Malignant* dan *Benign*.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan gambaran penelitian yang dilakukan dari awal hingga akhir. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1. Menjelaskan proses alur penelitian yang dimulai dari pembagian dataset skin cancer menjadi dua folder yaitu data train dan data test. Pembagian ini bertujuan untuk melatih dataset agar model yang dibangun dapat belajar sesuai parameter yang dibangun pada model. Kemudian model di augmentasi untuk memberikan sedikit modifikasi pada gambar skin

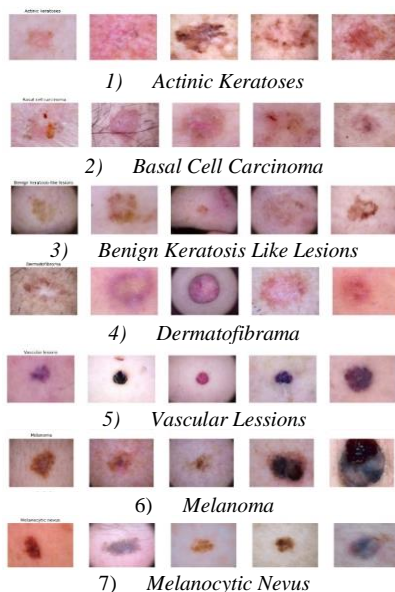
cancer. Hasil akhir dari model ini adalah evaluasi atau performa model yang dibangun berapa besar keakuratan gambar yang diberikan pada model yang telah dibangun.



Gambar 1. Metode Penelitian

A. Dataset

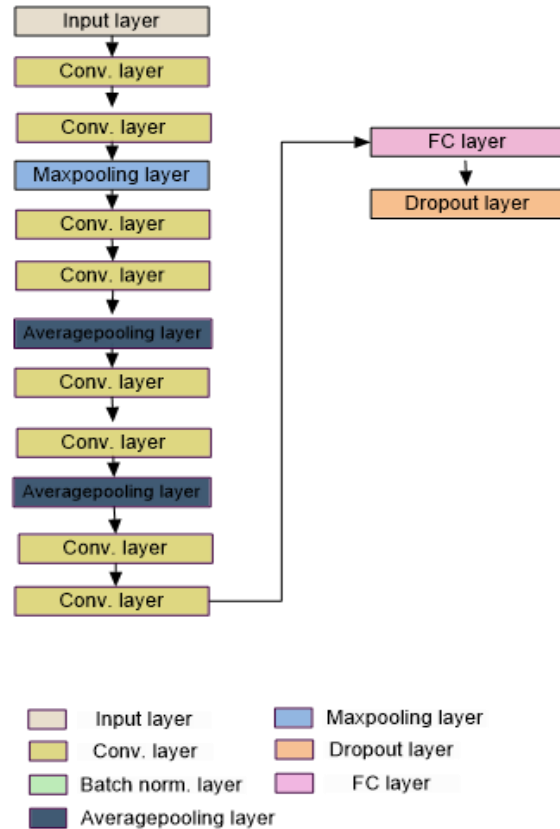
Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah *skin cancer*. Dataset berasal dari challenge “ISIC 2018: Skin Lesion Analysis Towards Melanoma Detection”. Dataset terdiri dari 10015 gambar dermoscopic kulit dengan ukuran gambar 450 x 600 pixels dan dengan format JPG. Gambar lesi kulit tersebut dikategorikan menjadi tujuh kelas yaitu : *Actinic keratoses*, *Basal cell carcinoma*, *Benign keratosis like lesions*, *Dermatofibroma*, *Vascular lesions*, *Melanoma*, dan *Melanocytic nevus*. Pada Gambar 2 adalah contoh kelas dari *skin cancer*.

Gambar 2. Gambar dataset 7 kelas *skin cancer*

B. Perancangan Model

Arsitektur model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang akan digunakan pada penelitian ini memiliki 8 layer *Convolutional 2D* yang memiliki filters (16, 16, 32, 32, 64, 64, 128, 128) input layers pertama adalah (20,20) dan layer berikutnya (5,5 dan 3,3), jenis *pooling* yang

digunakan dalam penelitian ini adalah *MaxPooling* dan *AveragePooling*. *Fully Connected Layer* yang digunakan adalah (256, 128) serta menggunakan *Dropout* (0.2). Pada Gambar 3 merupakan gambar detail dari perancangan model yang dibangun.



Gambar 3 Perancangan Model

C. Augmentasi

Augmentasi merupakan suatu teknik yang berfungsi memberikan gambar *skin cancer* diperbesar, diputar, diberi pencahayaan dan teknik augmentasi dapat menaikkan nilai akurasi model [22]. Adapun parameter Augmentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rotation_range* = 10, *zoom_range* = 0.1, *width_shift_range* = 0.1, *height_shift_range* = 0.1, *horizontal_flip* = False, *vertical_flip* = False.

D. Skenario Pengujian

Pada penelitian ini, akan dilakukan klasifikasi 2 kelas yaitu *non-melanocytic malignant* dan *benign*. Dimana dari total dataset *skin cancer* yang sebelumnya berjumlah 10015 dan terdiri dari 7 kelas hanya diambil 5 kelas yaitu *Actinic keratoses*, *Basal cell carcinoma*, *Benign keratosis like lesions*, *Dermatofibroma*, dan *Vascular lesions* dengan jumlah data 2197. Dan jumlah data di setiap kelasnya dijabarkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah Dataset 7 Kelas *Skin Cancer*

Skin Lesion	Total Images
<i>Benign keratosis like lesions</i>	1099
<i>Basal cell carcinoma</i>	514
<i>Actinic keratoses</i>	327
<i>vascular lessions</i>	142
<i>dermatofibrama</i>	115
<i>melanoma</i>	1113
<i>melanocytic nevus</i>	6705
Total	10015

Tabel 2. Jumlah Dataset 5 Kelas *Skin Cancer*

Skin Lesion	Total Images
<i>Benign keratosis like lesions</i>	1099
<i>Basal cell carcinoma</i>	514
<i>Actinic keratoses</i>	327
<i>vascular lessions</i>	142
<i>dermatofibrama</i>	115
Total	2197

Selanjutnya dataset dikelompokkan lagi menjadi dua kelas yaitu *Non-melanocytic malignant* dan *benign*. Dimana yang tergolong ke dalam kelas non-melanocytic malignant adalah *Actinic keratoses* dan *Basal cell carcinoma*, sedangkan yang tergolong ke dalam kelas *Benign* adalah *Benign keratosis like lesions*, *Dermatofibrama*, dan *Vascular lessions*. Berdasarkan pengelompokan tersebut diperoleh dataset baru sebagaimana akan dijabarkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Dataset 2 Kelas *Skin Cancer*

Skin Lesion	Total Images
<i>Malignant</i>	841
<i>Benign</i>	1356
Total	2179

Untuk pelatihan dan pengujian model, dataset dibagi menjadi data latih, data validasi, dan data uji. Untuk pembagian data akan dijabarkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Dataset *Malignant* dan *Benign*

Skin Lesion	Training Images	Validating Images	Testing Images	Total Images
<i>Malignant</i>	533	121	187	841
<i>Benign</i>	872	231	253	1356
Total	1405	352	440	2179

Tabel 5. Dataset *Malignant* dan *Benign* setelah augmentasi

Skin Lesion	Training Images	Validating Images	Testing Images	Total Images
<i>Malignant</i>	2132	121	187	2440
<i>Benign</i>	3488	231	253	3972
Total	5620	352	440	6412

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian merupakan tahapan dalam mendapatkan hasil dari model arsitektur yang dibangun pada kasus *skin cancer*.

Proses pertama yang dilakukan adalah ekstraksi data dari 5 kelas menjadi 2 kelas yaitu *Non-melanocytic malignant* dan *Benign*.

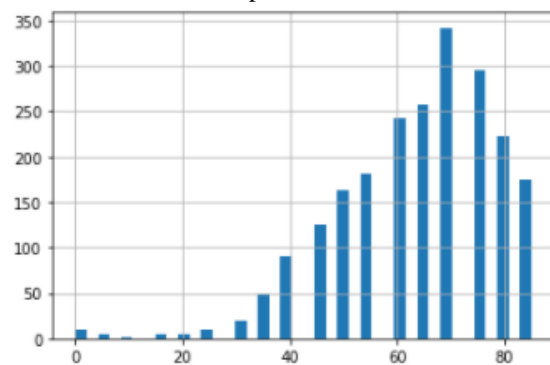
Gambar 4 merupakan ekstraksi dari gambar dataset lesi *skin cancer*.

	lesion_id	image_id	dx	dx_type	age	sex	localization	path	cell_type_idx
2018	HAM_0005255	ISIC_0025811	Malignant	histo	55.0	male	upper extremity	/content/drive/My Drive/Kepangklatan/Zamah Sari...	1
127	HAM_0007296	ISIC_0027068	Benign	histo	65.0	female	upper extremity	/content/drive/My Drive/Kepangklatan/Zamah Sari...	0
1079	HAM_0001105	ISIC_0031362	Benign	consensus	70.0	female	trunk	/content/drive/My Drive/Kepangklatan/Zamah Sari...	0

Gambar 4. Hasil Ekstrak dataset

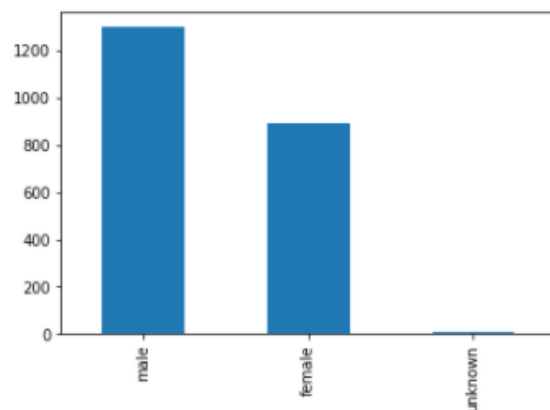
Pada Gambar 4 merupakan hasil dari ekstraksi dataset lesi *skin cancer* yang terdiri dari dua kelas yaitu *Non-melanocytic malignant* dan *Benign*.

Kemudian untuk melihat detail dari dataset lesi *skin cancer* maka dilakukan proses visualisasi dataset.



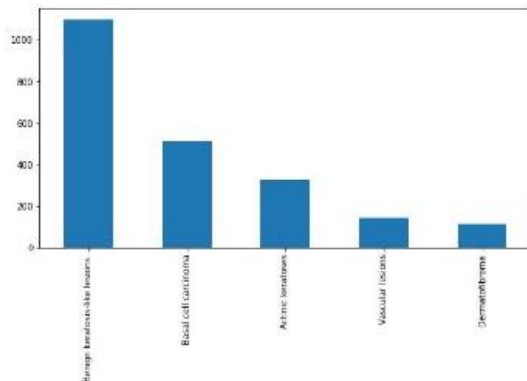
Gambar 5. Gambar dataset berdasarkan umur

Pada Gambar 5 merupakan dataset lesi *skin cancer* berdasarkan umur, dapat dilihat dari diagram diatas kisaran umur antara 40-60 tahun yang paling tinggi terkena penyakit kanker kulit.



Gambar 6. Gambar dataset berdasarkan jenis kelamin

Pada Gambar 6 merupakan dataset *skin cancer* berdasarkan jenis kelamin. Dapat dilihat bahwa jenis kelamin laki-laki lebih banyak terkena penyakit kanker kulit daripada perempuan.



Gambar 7. Area Skin Cancer

Pada Gambar 7 merupakan area tempat terjadi nya kanker kulit pada manusia.

Setelah proses visualisasi data dilanjutkan dengan proses resizing gambar, dimana gambar ukuran gambar diatur menjadi 100 x 75 pixel.

dx	dx_type	age	sex	localization	path	cell_type_idx
Benign	histo	60.0	female	face	/content/drive/My Drive/Kepangkatan/Zamah Sari...	0 [181, 146, 165] [178, 137,
Malignant	histo	60.0	male	back	/content/drive/My Drive/Kepangkatan/Zamah Sari...	1 [210, 154, 141] [213, 155,
Benign	histo	85.0	male	upper extremity	/content/drive/My Drive/Kepangkatan/Zamah Sari...	0 [175, 135, 149] [176, 134,

Gambar 8. Resized dataset (100 * 75)

Pada Gambar 8 merupakan perubahan ukuran gambar dataset dari ukuran asli menjadi 100 x 75. Hal ini bertujuan untuk mempercepat komputasi saat pelatihan model.

Setelah dilakukan proses perubahan ukuran gambar, dilanjutkan dengan proses pembagian data. Dataset dibagi menjadi tiga bagian yaitu data latih, data validasi dan data uji dengan rasio pembagian data latih sebesar 80%, data uji sebesar 20 %, dan data validasi sebesar 20% dari data latih.

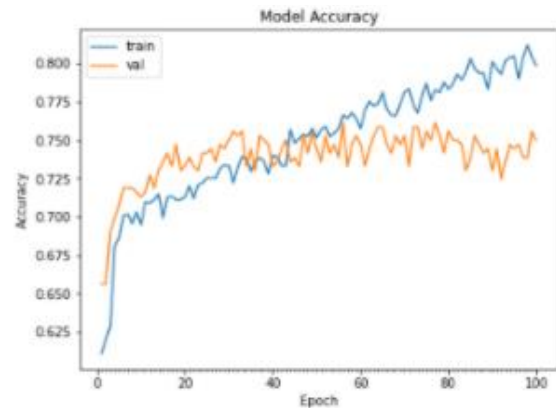
Proses dilanjutkan pada tahap augmentasi data, dimana pada proses ini diterapkan beberapa parameter augmentasi data untuk memperbanyak jumlah data diantaranya adalah *Rotation_range* = 10, *zoom_range* = 0.1, *width_shift_range* = 0.1, *height_shift_range* = 0.1, *horizontal_flip* = False, *vertical_flip* = False.

Setelah proses augmentasi data dilanjutkan dengan pembuatan dan pelatihan model. Model dilatih dengan 100 iterasi (epoch) dan *batch size* sebesar 48.

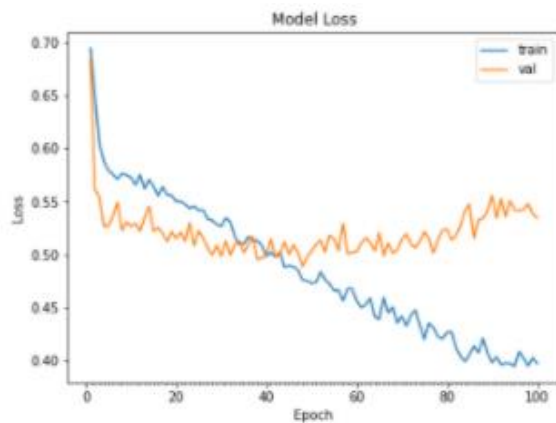
Hasil pelatihan divisualisasika dalam bentuk grafik, sebagaimana dijabarkan pada gambar 9 dan 10.

Pada Gambar 9 merupakan hasil grafik dari akurasi model. Pada grafik tersebut sumbu x angka 0 sampai dengan 100 menunjukkan iterasi atau perulangan dalam

pelatihan model sedangkan sumbu y angka 0.625 sampai dengan 0.800 menunjukkan tingkat akurasi. Berdasarkan grafik akurasi maka diperoleh akurasi model sebesar 75%.



Gambar 9. Grafik Akurasi

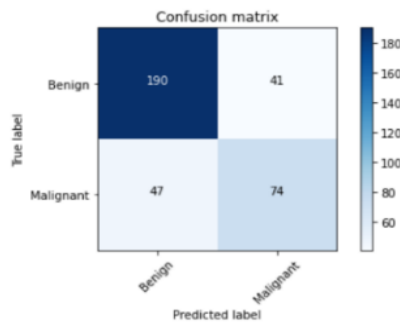


Gambar 10. Model loss

Pada Gambar 10 merupakan grafik *loss* model. Pada grafik tersebut sumbu x angka 0 sampai dengan 100 menunjukkan iterasi atau perulangan dalam pelatihan model sedangkan sumbu y angka 0.40 sampai dengan 0.70 menunjukkan nilai *loss*. Berdasarkan grafik loss model maka diperoleh nilai loss sebesar 53%.

Setelah mengetahui grafik pelatihan model kemudian dilanjutkan dengan proses mengevaluasi model yang telah dibangun. Untuk detail peforma model divisualisasikan dalam bentuk *confussion matrix* dan *classification_report* sebagaimana dijabarkan pada gambar 11 dan 12.

Pada Gambar 11 merupakan hasil dari tabel *confussion matrix*. Berdasarkan tabel *confussion matrix* dapat dipahami bahwa terdapat 190 data kelas Benign yang dapat diprediksi dengan tepat, dan terdapat 41 data kelas Benign yang salah diprediksi oleh model. Serta terdapat 74 data kelas malignant yang diprediksi dengan tepat, dan terdapat 47 data kelas malignant yang salah diprediksi oleh model.



Gambar 11. Tabel confusion matrix

	precision	recall	f1-score	support
Benign	0.80	0.82	0.81	231
Malignant	0.64	0.61	0.63	121
accuracy			0.75	352
macro avg	0.72	0.72	0.72	352
weighted avg	0.75	0.75	0.75	352

Gambar 12. Classification report

Pada Gambar 12 merupakan hasil evaluasi model menggunakan *classification_report*, dimana diperoleh akurasi model sebesar 75% dengan nilai precision dan recall tertinggi terdapat pada kelas benign yaitu masing-masing sebesar 0,80 dan 0,82 serta nilai *f1_score* sebesar 0,81.

4. Kesimpulan

Pada keseluruhan tahap penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa baik atau kurang baiknya kinerja model *convolutional neural network* disebabkan oleh beberapa pengaruh seperti jumlah layers, memperbesar ukuran *kernel_size* pada layer input, ketepatan augmentasi data, kondisi data, serta keseimbangan data. Adapun yang menjadi penyebab model mengalami kesulitan dalam mengklasifikasikan data adalah kondisi data dalam satu kelas yang memiliki beberapa variasi, hal ini dikarenakan setiap kelas terdiri dari gabungan beberapa kategori sebelumnya. Menggunakan teknik augmentasi yang tepat sangat diperlukan untuk membantu menaikkan nilai akurasi. Jumlah dataset sangat berpengaruh dalam performa model yang dibangun, semakin banyak data yang diolah maka semakin tinggi akurasi model tersebut. Selain itu keseimbangan frekuensi data pada setiap kelas juga dapat mempengaruhi akurasi model. Dataset yang seimbang akan dapat meningkatkan akurasi model. Dapat dilihat bahwa model yang diusulkan pada klasifikasi pigmen kanker kulit memperoleh akurasi sebesar 75%. dengan nilai precision dan recall tertinggi terdapat pada kelas benign yaitu masing-masing sebesar 0,80 dan 0,82 serta nilai *f1_score* sebesar 0,81.

Untuk pengembangan selanjutnya dari penelitian tersebut peneliti memberikan saran agar dapat bereksperimen dengan jenis *pooling* yang lain seperti *sum pooling*, *global pooling*.

Daftar Rujukan

- [1] N. Codella *et al.*, "International Skin Imaging Collaboration (ISIC)," pp. 1–12, 2018.
- [2] R. L. Siegel, K. D. Miller, and A. Jemal, "Cancer statistics, 2018," *CA. Cancer J. Clin.*, vol. 68, no. 1, pp. 7–30, 2018.
- [3] R. Suganya, "An automated computer aided diagnosis of skin lesions detection and classification for dermoscopy images," *2016 Int. Conf. Recent Trends Inf. Technol. ICRTIT 2016*, 2016.
- [4] T. L. D. Munthe, "Klasifikasi Citra Kanker Kulit Berdasarkan Tingkat Keganasan Kanker Pada Melanosit Menggunakan Deep Convolutional Neural Network (DCNN)," Repos. Institusi Univ. Sumatera Utara, pp. 44–48, 2018.
- [5] M. U. Rehman, S. H. Khan, S. M. Danish Rizvi, Z. Abbas, and A. Zafar, "Classification of Skin Lesion by Interference of Segmentation and Convolution Neural Network," *2018 2nd Int. Conf. Eng. Innov. ICEI 2018*, pp. 81–85, 2018.
- [6] Y. Ji, X. Li, G. Zhang, D. Lin, and H. Chen, "Automatic Skin Lesion Segmentation by Feature Aggregation Convolutional Neural Network," 2018.
- [7] Y. Guo and A. S. Ashour, "Multiple convolutional neural network for skin dermoscopic image classification," *arXiv*, pp. 365–369, 2018.
- [8] X. Dai, I. Spasic, B. Meyer, S. Chapman, and F. Andres, "Machine learning on mobile: An on-device inference app for skin cancer detection," *2019 4th Int. Conf. Fog Mob. Edge Comput. FMEC 2019*, pp. 301–305, 2019.
- [9] S. Bassi and A. Gomekar, "Deep Learning Diagnosis of Pigmented Skin Lesions," *2019 10th Int. Conf. Comput. Commun. Netw. Technol. ICCCNT 2019*, pp. 1–6, 2019.
- [10] S. Albawi, T. A. M. Mohammed, and S. Alzawi, "Layers of a Convolutional Neural Network," *Ieee*, 2017.
- [11] Institute of Electrical and Electronics Engineers, "2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA 2017): March 10-12, 2017, Beijing, China,," pp. 721–724, 2017.
- [12] G. S. Jayalakshmi and V. S. Kumar, "Performance analysis of convolutional neural network (CNN) based cancerous skin lesion detection system," *ICCIDS 2019 - 2nd Int. Conf. Comput. Intell. Data Sci. Proc.*, pp. 1–6, 2019.
- [13] E. Jana, R. Subban, and S. Saraswathi, "Research on Skin Cancer Cell Detection Using Image Processing," *2017 IEEE Int. Conf. Comput. Intell. Comput. Res. ICCIC 2017*, 2018.
- [14] K. Pai and A. Giridharan, "Convolutional Neural Networks for classifying skin lesions," *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2019-Octob, pp. 1794–1796, 2019.
- [15] A. Budhiman, S. Suyanto, and A. Arifianto, "Melanoma Cancer Classification Using ResNet with Data Augmentation," *2019 2nd Int. Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2019*, pp. 17–20, 2019.
- [16] E. H. Mohamed and W. H. El-Beahdy, "Enhanced Skin Lesions Classification Using Deep Convolutional Networks," *Proc. - 2019 IEEE 9th Int. Conf. Intell. Comput. Inf. Syst. ICICIS 2019*, pp. 180–188, 2019.
- [17] B. Harangi, A. Baran, and A. Hajdu, "Classification of Skin Lesions Using An Ensemble of Deep Neural Networks," *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, vol. 2018-July, pp. 2575–2578, 2018.
- [18] V. Singh and I. Nwogu, "Analyzing Skin Lesions in Dermoscopy Images Using Convolutional Neural Networks," *Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern. SMC 2018*, pp. 4035–4040, 2019.

- [19] A. Ech-Cherif, M. Misbhaudhin, and M. Ech-Cherif, "Deep Neural Network Based Mobile Dermoscopy Application for Triaging Skin Cancer Detection," *2nd Int. Conf. Comput. Appl. Inf. Secur. ICCAIS 2019*, pp. 1–6, 2019.
- [20] A. H. Shahin, A. Kamal, and M. A. Elattar, "Deep Ensemble Learning for Skin Lesion Classification from Dermoscopic Images," *2018 9th Cairo Int. Biomed. Eng. Conf. CIBEC 2018 - Proc.*, pp. 150–153, 2019.
- [21] S. Kaymak, P. Esmaili, and A. Serener, "Deep Learning for Two-Step Classification of Malignant Pigmented Skin Lesions," *2018 14th Symp. Neural Networks Appl. NEUREL 2018*, pp. 1–6, 2018.
- [22] R. Jain, P. Nagrath, G. Kataria, V. Sirish Kaushik, and D. Jude Hemanth, "Pneumonia detection in chest X-ray images using convolutional neural networks and transfer learning," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 165, p. 108046, 2020.