



## **PROPOSAL PENELITIAN OPSI**

### **CLASSKINFY: Aplikasi Klasifikasi Penyakit Kulit dengan Kamera Smartphone menggunakan Pemrosesan Citra dan Deep Learning**

**Owen Tjandra**

**Ilmu Pengetahuan Terapan  
Ilmu Kesehatan dan Rekayasa Biomedis**

**Cahaya Bangsa Classical School**

**Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat**

**Tahun 2025**

# **BAB I. PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Penyakit kulit termasuk salah satu penyakit yang paling umum di seluruh dunia. Penyakit ini berkisar dari kondisi ringan seperti jerawat dan eksim, hingga kasus kanker yang mengancam jiwa seperti melanoma. Meskipun sudah ada pengobatan untuk penyakit-penyakit ini, masalah utama masih terletak pada kurangnya diagnosis dini akibat keterbatasan akses ke dokter kulit, tingginya biaya konsultasi, dan kurangnya kesadaran masyarakat. Banyak orang salah mendiagnosis atau bahkan mengabaikan kondisi kulit mereka karena tidak tersedianya alat diagnosis yang memadai.

Urgensi diagnosis dini sangatlah penting. Hal ini terutama berlaku untuk penyakit seperti lupus, melanoma, dan eksim. Melanoma, sejenis kanker, jika terdeteksi lebih awal, dapat menghasilkan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. Jika tidak, kanker tersebut seringkali bermetastasis dan membuat prosedur pengobatan menjadi lebih sulit. Lupus adalah penyakit autoimun yang dapat menyebabkan malformasi kulit yang parah. Jika tidak terdeteksi, lupus dapat mempengaruhi organ vital. Demikian pula, eksim yang tidak terdeteksi seringkali menyebabkan rasa sakit kronis dan peradangan. Ketiga penyakit kulit ini, yang akan diselidiki lebih lanjut, menunjukkan betapa pentingnya deteksi dini. Turut serta menangani masalah ini dapat menyelamatkan nyawa, mengurangi biaya perawatan kesehatan, dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Menurut WHO, diperkirakan 900 juta orang di seluruh dunia menderita penyakit kulit ini, dengan melanoma saja menyebabkan 57.000 kematian. Di daerah pedesaan, diagnosis profesional terhadap penyakit kulit sangat minim. Rasio dokter kulit terhadap pasien bisa serendah 1 dokter untuk 100.000 orang. Hal ini dapat mendorong pasien untuk mendiagnosis diri sendiri, yang sering kali berujung pada salah diagnosis dan dapat berkembang menjadi infeksi berat, seperti peradangan kronis, atau bahkan kasus mengancam nyawa seperti melanoma metastatik. Studi menunjukkan bahwa deteksi dini dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup hingga 99%, tetapi pada deteksi tahap lanjut di mana penyakit telah menyebar ke seluruh tubuh, tingkat kelangsungan hidup menurun secara signifikan. Ini berarti dibutuhkan sistem deteksi awal yang lebih terjangkau, mudah diakses, dan akurat untuk mengatasi masalah ini.

Solusi yang ada saat ini untuk mendeteksi penyakit kulit sebagian besar bergantung pada konsultasi klinis. Metode tradisional, dokter kulit memeriksa kulit pasien secara langsung, biasanya dengan alat khusus seperti dermatoskop. Ada juga teknik diagnostik canggih seperti biopsi dan mikroskopi konfokal. Namun, masalah utama tetap terletak pada deteksi dini penyakit-penyakit kulit ini. Alat diagnosis profesional sering kali sangat mahal dan memerlukan spesialis terlatih. Dokter dan dokter kulit ini mayoritas bekerja di area dengan fasilitas kesehatan perkotaan yang memadai, sehingga pasien di daerah terpencil dengan akses terbatas ke diagnosis yang tepat jadi terpinggirkan. Salah diagnosis sendiri atau keterlambatan tindakan untuk mencari bantuan medis bisa menjadi salah satu konsekuensi.

Kami mengusulkan sebuah Aplikasi Klasifikasi Penyakit Kulit dengan Kamera Smartphone menggunakan Pemrosesan Citra dan Deep Learning yang praktis untuk smartphone dan memungkinkan pengguna memotret kelainan kulit dan menerima penilaian berbasis AI secara cepat langsung di perangkat mereka. Aplikasi ini meningkatkan kualitas gambar dengan mengurangi noise, menyeimbangkan warna, dan menandai batas lesi, lalu memproses foto tersebut melalui machine learning yang dilatih menggunakan gambar-gambar melanoma, lupus kutan, dan eksim yang telah diverifikasi oleh dokter

kulit. Aplikasi akan menampilkan kondisi yang paling mungkin, sorotan visual pada area yang dianalisis, dan saran sederhana seperti memantau bintik tersebut atau berkonsultasi dengan dokter kulit. Dengan mengkombinasikan kamera smartphone yang familiar dengan AI yang telah teruji, aplikasi ini bertujuan memudahkan pemeriksaan kulit dini dan andal bagi siapa saja, terutama di tempat di mana perawatan spesialis sulit dijangkau.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Proposal Penelitian ini dibatasi oleh rumusan masalah:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dini penyakit kulit berbasis smartphone dengan akurasi tinggi dan waktu respons cepat?
2. Bagaimana mengoptimalkan model CNN agar mampu menangani variabilitas citra dermatologis dan meminimalkan kesalahan klasifikasi?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Proposal Penelitian ini memiliki tujuan masalah

1. Menilai efektivitas penerapan pipeline dermatologis berbasis smartphone dalam mendukung deteksi dini penyakit kulit.
2. Mengevaluasi dan mengembangkan strategi optimasi model CNN untuk meningkatkan ketahanan klasifikasi terhadap variasi kondisi pencitraan.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Mengklasifikasikan penyakit kulit menggunakan ponsel dan deep learning memberikan diagnosa yang mudah diakses, hemat biaya, dan real-time, terutama untuk area yang kurang terlayani dengan akses kesehatan yang terbatas. Ini dapat membuat pengguna mendeteksi kondisi lebih awal, mengurangi beban pada sistem perawatan kesehatan, sekaligus meningkatkan akurasi model pembelajaran mendalam untuk menyaingi diagnosis profesional.

# **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

## **2.1 Cutaneous Lupus Erythematosus**

Cutaneous Lupus Erythematosus (CLE) adalah penyakit inflamasi autoimun kronis yang terutama menyerang kulit (Okon). CLE merupakan penyakit autoimun di mana sistem kekebalan tubuh secara keliru menyerang sel-sel kulit yang sehat. Hal ini menimbulkan peradangan dan kerusakan luas pada kulit. Etiologi penyakit ini belum sepenuhnya dipahami, tetapi faktor genetik dan lingkungan merupakan penyebab utama yang diterima secara umum (Mok, 2003). CLE terutama disebabkan oleh respons autoimun, yang memicu terjadinya peradangan. Akibat kerusakan sel kulit, radiasi UV dapat menembus dan menyebabkan kerusakan DNA pada sel-sel kulit, sehingga memicu pelepasan antigen yang menimbulkan respons inflamasi dan merusak sambungan dermoepidermal (Yaseen, 2025). Inilah yang menjadi penyebab terbentuknya lesi. Banyak pemicu CLE, antara lain sinar UV (UV-A dan UV-B); obat-obatan seperti hidralazin, isoniazid, dan antiepileptik; serta faktor hormonal, misalnya estrogen, sehingga CLE lebih sering terjadi pada perempuan (Common Triggers for Lupus | Lupus Foundation of America).

CLE terbagi menjadi tiga subtype utama dengan tingkat keparahan dan gejala yang berbeda-beda (DermNet, 2023). Acute Cutaneous Lupus Erythematosus (ACLE) adalah bentuk paling ringan, dipicu oleh sinar UV, dan ditandai dengan ruam malar eritematosa tanpa bekas luka di pipi dan hidung, atau makulopapular di area terpapar matahari yang biasanya sembuh tanpa gejala atau bekas (DermNet, 2023). Subacute Cutaneous Lupus Erythematosus (SCLE) bersifat fotosensitif dan sering berhubungan dengan antibodi anti-Ro (SSA) atau dipicu obat, menampilkan lesi annular simetris atau mirip psoriasis di area terpapar sinar matahari yang bisa gatal atau tanpa gejala (DermNet, 2023). Chronic Cutaneous Lupus Erythematosus (CCLE) adalah bentuk paling berat, menyebabkan jaringan parut permanen dan lesi diskoid merah tebal bersisik, terutama di wajah, leher, atau kulit kepala, yang dapat mengakibatkan alopecia jika folikel rambut rusak (DermNet, 2023).

Identifikasi dini CLE sangat penting, karena sekitar 18% pasien dengan ACLE atau SCLE dapat berkembang menjadi bentuk CCLE yang lebih parah, menimbulkan jaringan parut permanen, perubahan pigmen, alopecia, dan deformitas, terutama di area yang berdampak kosmetik, yang berpotensi memicu gangguan psikologis seperti kecemasan dan isolasi sosial (Yang et al., 2024). Diagnosis cepat memungkinkan pengendalian penyakit lebih baik, mengurangi risiko kerusakan kulit dan organ yang irreversible, serta membantu mendeteksi tanda-tanda awal keterlibatan sistemik seperti nyeri sendi, disfungsi ginjal, atau kelainan hematologis. Intervensi dini dengan antimalaria, kortikosteroid, atau imunosupresan dapat mencegah progresi penyakit, meminimalkan kebutuhan perawatan yang lebih agresif dan mahal, serta meningkatkan hasil fisik dan emosional bagi pasien.

Secara klinis, lupus kutan ditandai oleh ruam berbentuk kupu-kupu yang muncul di pipi dan hidung, fitur khas yang tidak ditemukan pada eksim atau melanoma. Lesi diskoid juga dapat muncul sebagai bercak bulat, bersisik, dan menebal, sering kali di area terpapar sinar matahari seperti wajah, leher, dan kulit kepala. Ruam ini umumnya fotosensitif, artinya memburuk dengan paparan sinar matahari, dan dapat menyebabkan jaringan parut atau perubahan pigmen seiring waktu. Berbeda dengan eksim, ruam lupus tidak sangat gatal, dan tidak seperti melanoma, tidak membentuk tahi lalat tidak beraturan atau lesi gelap.

## **2.2 Melanoma Skin Cancer**

Melanoma adalah jenis kanker kulit yang berasal dari melanosit, sel penghasil pigmen pada kulit. Kanker ini merupakan jenis kanker kulit yang paling agresif, ditandai oleh kemampuannya untuk tumbuh cepat dan bermetastasis (Ahmed et al., 2020). Meskipun hanya menyumbang persentase kecil dari semua kasus kanker, melanoma bertanggung jawab atas sebagian besar kematian akibat kanker kulit. Penyebab utama melanoma adalah mutasi pada melanosit yang mengakibatkan pertumbuhan dan proliferasi sel yang tidak terkendali. Ada banyak lokasi gen tempat mutasi primer terjadi, seperti gen BRAF, NRAS, KIT, GNAQ, dan GNA11. Ciri khas khusus melanoma adalah kemampuannya menghindari pengawasan sistem imun dengan meningkatkan ekspresi checkpoint imun seperti PD-L1 (Cui et al., 2024).

Melanoma menunjukkan gejala dan tanda visual yang penting untuk deteksi dini. Gejala kunci meliputi perubahan pada tahi lalat, seperti perubahan ukuran, bentuk, warna, atau batas, serta sensasi di mana tahi lalat menjadi gatal, nyeri, atau terasa lembut (NHS, 2023). Tanda peringatan tambahan mencakup pendarahan, kerak, keluarnya cairan, atau lesi yang tidak kunjung sembuh. Aturan ABCDE banyak digunakan untuk penilaian visual: Asymmetry (asimetris), Border irregularity (batas tidak beraturan), Color variation (variasi warna), Diameter over 6 mm (diameter lebih dari 6 mm), dan Evolution (perubahan bentuk atau gejala) (Duarte et al., 2021). Tanda “Ugly Duckling” juga dapat membantu mengidentifikasi lesi yang tampak mencolok berbeda dari tahi lalat lainnya di tubuh (The Skin

Cancer Foundation, 2024). Perubahan permukaan kulit seperti pengelupasan atau penebalan, serta pigmentasi yang menyebar di luar batas lesi, juga merupakan indikator penting untuk evaluasi medis.

Melanoma adalah bentuk kanker kulit yang agresif dengan potensi tinggi untuk bermetastasis jika tidak terdeteksi lebih awal, sehingga diagnosis tepat waktu sangat krusial untuk pengobatan yang efektif (Tawbi & Kirkwood, 2007). Pada tahap awal, melanoma sering dapat disembuhkan melalui eksisi bedah sederhana, tetapi jika tidak terdeteksi, sel kanker dapat menyebar melalui sistem limfatik ke organ vital seperti paru-paru, hati, dan otak, sehingga memerlukan perawatan kompleks seperti imunoterapi (Elder, 1999). Prognosis melanoma lanjut buruk, dengan angka kelangsungan hidup menurun dari lebih dari 90 % pada stadium I–III menjadi kurang dari 25 % pada stadium IV. Pengobatan pada stadium lanjut tidak hanya lebih sulit dan kurang efektif, tetapi juga jauh lebih mahal, seringkali melibatkan inhibitor checkpoint imun atau terapi tertarget dengan efek samping yang signifikan. Selain itu, melanoma stadium lanjut dapat menimbulkan gejala serius seperti ulserasi, gagal organ, dan penurunan fungsi neurologis (Domingues et al., 2018). Deteksi dini meningkatkan angka kelangsungan hidup—pasien stadium 0 dan I memiliki tingkat kelangsungan hidup lima tahun minimal 99 %—serta secara signifikan mengurangi biaya perawatan kesehatan dengan menghindari pengobatan intensif dan perawatan jangka panjang.

Secara visual, melanoma khas ditandai oleh tahi lalat atau bercak gelap yang tidak beraturan dengan mengikuti aturan ABCDE: asimetri, batas tidak beraturan, variasi warna, diameter lebih dari 6 mm, dan evolusi dari waktu ke waktu. Berbeda dengan lupus, melanoma tidak menimbulkan ruam luas atau plak, dan berbeda dari eksim, ia tidak terkait dengan kemerahan, pengelupasan, atau rasa gatal yang intens. Lesi melanoma dapat tampak berwarna hitam, cokelat, merah, biru, atau bahkan menyerupai warna kulit, dan pada stadium lanjut dapat mengalami ulserasi atau pendarahan. Meskipun pada awalnya bersifat lokal, jika dibiarkan, melanoma dapat bermetastasis dan menjadi kondisi yang mengancam jiwa.

## **2.3 Eczema / Eksim**

Eksim adalah kelompok luas dan beragam kondisi inflamasi kulit, dengan dermatitis atopik (AD) sebagai bentuk paling umum, yang sering kali muncul pada masa kanak-kanak dan ditandai oleh kulit yang gatal, merah, dan kering, yang bisa menyebabkan likenifikasi dan hiperpigmentasi akibat garukan. Dermatitis kontak terjadi ketika kulit bereaksi terhadap iritan atau alergen, menimbulkan kemerahan lokal, pembengkakan, gatal, dan dalam kasus parah, pembentukan lepuh atau penebalan kronis (Watson, 2024). Eksim dishidrotik, yang menyerang tangan dan kaki, memunculkan lepuh kecil berisi cairan yang gatal dan dapat pecah atau mengelupas. Eksim numular tampil sebagai bercak bulat yang gatal dan meradang, yang bisa berkerak atau bermanah, lalu menjadi merah dan bersisik. Dermatitis seboroik umumnya muncul di area berminyak seperti kulit kepala, wajah, dan dada, menghasilkan kulit merah meradang dengan serpihan kuning berminyak karena overgrowth jamur dan disfungsi imun. Terakhir, dermatitis stasis terkait sirkulasi yang buruk, terutama di kaki, dan menyebabkan kulit merah membengkak serta bersisik yang pada tahap lanjut dapat berkembang menjadi luka terbuka yang menyakitkan. Eksim terutama disebabkan oleh disfungsi pada penghalang kulit. Lapisan pelindung gagal mempertahankan kelembaban, sehingga tidak efektif melindungi dari iritan, allergen, atau mikroba. Hal ini biasanya menyebabkan peningkatan sensitivitas pada area tersebut, memicu peradangan dan lesi kulit.

Deteksi dini eksim sangat penting untuk mengurangi komplikasi dan meningkatkan hasil jangka panjang, karena eksim yang tidak diobati dapat berdampak signifikan pada kualitas hidup pasien. Tanpa penanganan awal, eksim dapat berkembang dari iritasi ringan menjadi peradangan kronis, meningkatkan risiko gejala parah dan kerusakan kulit yang persisten (National Eczema Association, 2025). Penghalang kulit yang terganggu pada eksim membuat pasien lebih rentan terhadap infeksi sekunder oleh bakteri,

virus, dan jamur, seperti *Staphylococcus* atau *Streptococcus*, yang dapat memperburuk kondisi dan mempersulit pengobatan. Selain itu, eksim terkait dengan “atopic march,” suatu progresi kondisi alergi seperti asma dan rhinitis alergi, terutama pada anak-anak, jika tidak ditangani sejak dini (Hill & Spergel, 2018). Diagnosis yang terlambat juga dapat mengurangi efektivitas pengobatan, dengan kasus kronis seringkali memerlukan terapi lebih agresif seperti imunosupresan (National Eczema Association). Identifikasi dini membantu mencegah komplikasi seperti jaringan parut dan sensitisasi alergi, sekaligus melindungi fungsi penghalang kulit. Pengobatan pada tahap awal, menggunakan pelembab, kortikosteroid topikal, atau inhibitor calcineurin, lebih efektif, kurang invasif, dan dapat mengembalikan fungsi kulit tanpa memerlukan obat sistemik. Selain itu, deteksi dini mengurangi keparahan dan frekuensi kekambuhan, meningkatkan kualitas hidup, dan mencegah penyakit menjadi kronis serta lebih sulit diatasi.

Secara klinis, eksim ditandai oleh bercak kulit yang merah, meradang, dan gatal, sering disertai kekeringan, pengelupasan, atau keluarnya cairan. Eksim umumnya menyerang area yang rentan terhadap gesekan, seperti bagian dalam siku, belakang lutut, serta tangan atau wajah. Berbeda dengan lupus, eksim tidak menimbulkan ruam fotosensitif atau jaringan parut, dan berbeda dengan melanoma, ia tidak membentuk tahi lalat atau lesi gelap yang tidak beraturan. Sebaliknya, eksim didefinisikan oleh rasa gatal yang intens dan dapat menyebabkan penebalan atau retakan kulit (likenisifikasi) pada kasus kronis akibat garukan yang sering (Watson, 2024).

## **2.4 Image Processing and Computer Vision**

Klasifikasi penyakit kulit yang akurat pada gambar bergantung pada sebuah pipeline yang pertama-tama membersihkan dan menstandarkan foto mentah, lalu mengekstrak ciri diskriminatif berupa warna, tekstur, dan bentuk, dan akhirnya memisahkan, lalu menggambar batas dengan presisi, area yang sakit agar pengklasifikasi hanya melihat piksel yang relevan (IBM, 2025). Filter pengurangan noise menekan artefak sensor yang bisa menyerupai lesi, peningkatan kontras dan normalisasi warna memperlihatkan perubahan pigmen halus dan menjamin bahwa fitur berbasis warna dapat dibandingkan antar-gambar, deskriptor tepi, tekstur, dan warna mengubah piksel yang telah diproses menjadi angka yang dapat dipelajari model, lalu segmentasi berbasis region memisahkan lesi dari latar belakang kulit, dan deteksi kontur menyempurnakan batas, menghasilkan pengukuran seperti luas, asimetri, dan ketidakteraturan tepi. Keseluruhan tahap ini meningkatkan rasio sinyal-terhadap-noise, mengurangi variabilitas dataset, dan menyediakan peta fitur berkualitas tinggi yang terpusat pada lesi, yang semuanya berujung pada diagnosis yang lebih andal dan akurat oleh model machine-learning klasik atau deep-learning.

1. **Noise Reduction:** Noise filtering (median, bilateral, non-local-means) menghilangkan gangguan seperti noise Gaussian dan salt-and-pepper dari foto tanpa merusak detail halus seperti pola pigmen atau pembuluh darah kecil (IBM, 2025).
2. **Contrast Enhancement:** Contrast enhancement (histogram equalisation, CLAHE) memperluas perbedaan terang-gelap secara lokal sehingga lesi gelap pada kulit cerah atau plak merah pada kulit gelap terlihat lebih jelas (IBM, 2025).
3. **Color Normalization:** Color normalization (white-balance, gray-world, deep-learning colour-transfer) menstandarkan warna setiap gambar ke ruang warna yang sama (misalnya CIELAB) agar fitur warna—seperti blue-white veil atau sisik kuning—konsisten di seluruh dataset (IBM, 2025).

4. Edge Detection: Edge detection (Sobel, Prewitt, Canny) menyorot perubahan intensitas tajam untuk memperkirakan batas lesi, memudahkan perhitungan metrik bentuk seperti asimetri dan ketidakteraturan tepi (Marr & Hildreth, 1980).
5. Texture Analysis: Texture analysis (GLCM, LBP, wavelet) menerjemahkan pola permukaan menjadi vektor numerik, kontras atau homogenitas, untuk membedakan motif seperti sisik eksim, likenifikasi atopik, atau jaringan pigmen melanoma (Terashima, 2002; Bino et al., 2012; Sedaghatjoo et al., 2024).
6. Color Analysis: Color analysis (histogram warna, dominant-hue, chromatic moments) menangkap distribusi dan variasi pigmen di ruang HSV atau CIELAB, penting untuk mengenali melanoma multicolor, lesi lupus kebiruan, atau kerak kuning pada impetigo (Sharma & Nayyer, 2015).
7. Region-Based Segmentation: Metode thresholding (pada saluran warna atau tekstur), region-growing, watershed, atau, dalam pipeline deep, CNN gaya U-Net memotong gambar menjadi lesi dan latar belakang (IBM, 2025). Masking yang akurat membatasi komputasi fitur hanya ke area kulit yang sakit, mengecualikan rambut atau penggaris yang mengganggu, serta menyediakan region of interest yang ingin diperiksa klinisi.
8. Contour Detection: Setelah segmentasi, model active-contour (snake) atau penggabungan tepi morfologis mengikuti garis kontur lesi secara kontinu (D. Yang et al., 2022). Kontur yang disempurnakan ini memberi metrik geometris (luas, kepadatan, dimensi fraktal) dan memungkinkan pemotongan otomatis untuk input pengklasifikasi atau pemantauan longitudinal evolusi lesi.

## 2.5 Machine Learning in Image Classification

Sistem machine-learning (ML) dan deep-learning (DL) mengklasifikasikan citra penyakit kulit dengan terlebih dahulu mempelajari pola dari dataset berlabel, kemudian memprediksi kategori foto baru. Algoritma ML tradisional, seperti Random Forests, yang menggabungkan banyak pohon keputusan (decision tree) dan tahan terhadap over-fitting, bergantung pada fitur warna, tekstur, dan bentuk yang dirancang secara manual dari gambar, sedangkan DL, sebagai bagian dari ML, menggunakan arsitektur Neural Network atau jaringan saraf tiruan berlapis (misalnya CNN, ResNet, Inception) untuk mempelajari fitur-fitur tersebut langsung dari piksel mentah (Zhou, 2021; IBM, 2025). Transfer-learning mempercepat pengembangan dengan mem-fine-tune CNN besar yang sudah dilatih sebelumnya (seperti VGG atau ResNet) pada dataset dermatologi yang relatif kecil (Hosna et al., 2022). Keberhasilan pelatihan model bergantung pada ketersediaan gambar beragam dan berlabel baik, data-augmentation (rotasi, flip, perubahan pencahayaan, pergeseran perspektif 3-D) untuk mengatasi sampel terbatas, dan optimisasi iteratif yang meminimalkan fungsi loss (Tableau, 2025). Kualitas model dipantau pada set validasi terpisah dan akhirnya dinilai pada test set yang belum pernah dilihat sebelumnya menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan loss (Larsen et al., 2002). Model dengan performa terbaik kemudian diintegrasikan dan diuji dalam alur kerja produksi (misalnya aplikasi kamera ponsel) untuk memastikan kemampuan menangani variasi dunia nyata dalam pencahayaan, resolusi, dan latar belakang sebelum penerapan klinis (IBM, 2025).

## 2.6 Python and Tensorflow

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan untuk mengembangkan aplikasi. Bahasa ini memiliki berbagai macam penerapan, mulai dari machine learning, kecerdasan buatan, pengembangan web, hingga komputasi ilmiah (Oliphant, 2007). TensorFlow adalah kerangka kerja deep-learning sumber terbuka buatan Google, yang memetakan komputasi ke dalam grafik aliran data yang dapat dijalankan secara efisien pada segala perangkat, mulai dari CPU tunggal hingga

kluster multi-GPU dan TPU kustom, serta menyediakan diferensiasi otomatis dan dukungan debugging visual yang kaya melalui TensorBoard (Pang, Nijkamp, & Wu, 2020). TensorFlow menggabungkan inti (core) dalam Python dengan lapisan dasar C++ yang mudah diakses, sehingga memungkinkan pengembang melatih dan menerapkan jaringan saraf di berbagai domain seperti visi komputer, pengolahan suara, dan pemrosesan bahasa alami.

## **BAB III. METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Waktu Penelitian: Mei - September 2025

Tempat Penelitian: Cahaya Bangsa Classical School

### **3.2 Alat dan Bahan**

1. Kamera Smartphone
2. Laptop Programming
3. Software Anaconda
4. Bahasa Pemrograman Python

### **3.3 Perancangan dan Prosedur Penelitian**

Prototipe penelitian ini dirancang sebagai pipeline berbasis Python/TensorFlow yang menerima foto dermatologis mentah, meningkatkan dan menstandarkannya, lalu mengklasifikasikan setiap gambar ke dalam kategori penyakit kulit yang bermakna secara klinis. Di front end, antarmuka grafis ringan (desktop atau mobile) memungkinkan pengguna mengambil atau mengunggah foto; di back end, model convolutional-neural-network (CNN), yang di-fine-tune dari arsitektur pre-trained seperti EfficientNet, menjalankan seluruh alur kerja mulai dari preprocessing hingga prediksi. Kami mengharapkan perangkat lunak ini dapat (i) memproses gambar dari berbagai kamera dan kondisi pencahayaan dengan input minimal dari pengguna, (ii) mendapatkan diagnosis akurat dan skor kepercayaan dalam waktu kurang dari dua detik pada perangkat keras konsumen, dan (iii) mencatat hasil yang dianonimkan untuk peningkatan model berkelanjutan dan keamanan privasi pengguna.

#### **1. Data Preprocessing**

Pra-pemrosesan data adalah langkah di mana data yang telah dikumpulkan disiapkan untuk dilatih oleh model. Proses ini mensyaratkan data yang bersih dan konsisten agar efektif (Tableau, 2025).

- Image Processing: Terapkan teknik untuk meningkatkan kualitas gambar (misalnya pengurangan noise, peningkatan kontras) dan menstandarkan input (misalnya pengubahan ukuran, normalisasi warna).
- Augmentation: Laksanakan teknik augmentasi data untuk memperluas dataset secara artifisial melalui rotasi, pembalikan (flipping), penskalaan, dan penyesuaian warna guna meningkatkan ketahanan model terhadap overfitting dan kemampuannya menggeneralisasi.
- Data augmentation adalah proses di mana gambar yang ada diubah untuk menciptakan lebih banyak gambar baru, sehingga menambah keragaman data. Beberapa contoh augmentasi meliputi rotasi, flipping, penskalaan, dan pemotongan (cropping). Pengeditan warna juga dapat dilakukan, seperti penyesuaian kecerahan, saturasi, hue, dan simulasi kondisi pencahayaan. Teknik yang



lebih canggih bisa berupa penambahan noise atau deformasi elastis. Augmentasi data sangat berguna ketika jumlah gambar terbatas, dan memastikan model mempelajari lebih banyak variasi tanpa perlu menambah data baru.

## 2. Model Development

Model ini adalah convolutional neural network (CNN). Basis arsitektur ini dipilih karena menawarkan kombinasi akurasi tinggi dan ringan (efisien), sehingga sangat cocok untuk tugas ini. Lapisan akhir jaringan kemudian disesuaikan dengan menambahkan satu lapisan yang merata-rata (average) semua fitur, diikuti oleh dua lapisan fully connected: satu dengan 256 unit dan satu lagi dengan jumlah unit sama dengan jumlah tipe penyakit kulit yang diklasifikasikan (Kingma & Ba, 2014). Untuk mencegah overfitting (di mana model “mengingat” data pelatihan daripada “belajar” pola), diterapkan teknik dropout, yang secara acak mengabaikan sebagian koneksi selama pelatihan (IBM, 2025).

Pada tahap awal pelatihan, lapisan-lapisan dasar (base layers) dibiarkan “beku” (frozen) sehingga bobotnya tidak berubah, dan model dilatih selama 5 epoch. Setelah itu, base layers secara bertahap “ditanggalkan bekumannya” (unfrozen) dan dilatih lagi selama 15–30 epoch tambahan, dengan langkah pembelajaran (learning rate) yang semakin kecil untuk mem-fine-tune model. Setiap sesi pelatihan bekerja pada batch berukuran 32 gambar, dan categorical cross-entropy digunakan sebagai fungsi loss untuk mengukur seberapa baik model memprediksi kategori penyakit kulit yang benar.

Pelatihan dioptimalkan menggunakan algoritme Adam, yang menyesuaikan laju pembelajaran secara adaptif, dan skema cosine-decay diterapkan untuk perlahan-lahan mengurangi learning rate seiring waktu. Selama pelatihan, 15 % data disisihkan sebagai set validasi untuk memantau performa model, dan mekanisme early stopping akan menghentikan pelatihan lebih cepat jika akurasi validasi tidak meningkat setelah 10 epoch berturut-turut. Untuk menemukan hyperparameter terbaik—seperti ukuran batch, tingkat dropout, dan pilihan optimizer, digunakan TensorBoard HPparams guna menguji berbagai kombinasi dan memilih konfigurasi optimal.

## 3.4 Data Analytics and Evaluation

Setelah CNN dilatih sepenuhnya, model diuji pada 15 % data terpisah yang belum pernah dilihat sebelumnya. Metrik kunci seperti akurasi, presisi, recall, skor F1, dan matriks kebingungan dihitung untuk mengevaluasi performa dan mengidentifikasi masalah, misalnya salah mengklasifikasikan eksim atau melanoma. Hasil-hasil ini kemudian ditampilkan pada dashboard langsung menggunakan alat seperti TensorBoard dan Plotly, yang memantau performa seiring waktu dan menandai masalah, contohnya jika suatu kelas memiliki skor F1 di bawah 0,90. Heatmap Grad-CAM juga dihasilkan untuk menunjukkan area mana pada gambar yang menjadi fokus model, sehingga dokter kulit dapat memberikan umpan balik atas kesalahan, membantu mengidentifikasi dan memperbaiki kelemahan seperti kesulitan menangani variasi nada kulit atau kondisi pencahayaan tertentu.

## DAFTAR PUSTAKA

- IBM. (2025). Feature extraction and hyper-parameter tuning in computer vision. IBM Developer Blog.
- Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization (arXiv:1412.6980).
- Oliphant, T. E. (2007). Python for scientific computing. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 10-20. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.58>
- Pang, B., Nijkamp, E., & Wu, Y. N. (2020). Deep learning with TensorFlow: A review. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 45(2), 227-248. <https://doi.org/10.3102/1076998619872761>
- Ahmed, B., Qadir, M. I., & Ghafoor, S. (2020). Malignant Melanoma: Skin Cancer-Diagnosis, Prevention, and Treatment. *Critical Reviews in Eukaryotic Gene Expression*, 30(4), 291–297. <https://doi.org/10.1615/critreveukaryotgeneexpr.2020028454>
- Bino, S. V., Unnikrishnan, A., & Balakrishnan, K. (2012). Gray Level Co-Occurrence Matrices: Generalisation and some new features. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1205.4831>
- Branch, N. S. C. a. O. (2025, January 8). *Atopic dermatitis*. National Institute of Arthritis and Musculoskeletal and Skin Diseases. <https://www.niams.nih.gov/health-topics/atopic-dermatitis>
- Common triggers for lupus* | *Lupus Foundation of America*. (n.d.). Lupus Foundation of America. <https://www.lupus.org/resources/common-triggers-for-lupus>
- Cui, J., Li, Y., Yang, Y., Yang, H., Dong, J., Xiao, Z., He, X., Guo, J., Wang, R., Dai, B., & Zhou, Z. (2024). Tumor immunotherapy resistance: Revealing the mechanism of PD-1 / PD-L1-mediated tumor immune escape. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 171, 116203. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.116203>
- DermNet. (2023, November 1). *Cutaneous lupus erythematosus*. DermNet®. <https://dermnetnz.org/topics/cutaneous-lupus-erythematosus>

Domingues, B., Lopes, J., Soares, P., & Populo, H. (2018). Melanoma treatment in review.

*ImmunoTargets and Therapy, Volume 7*, 35–49. <https://doi.org/10.2147/itt.s134842>

Duarte, A. F., Sousa-Pinto, B., Azevedo, L. F., Barros, A. M., Puig, S., Malveyh, J., Haneke, E.,

& Correia, O. (2021). Clinical ABCDE rule for early melanoma detection. *European*

*Journal of Dermatology*, 31(6), 771–778. <https://doi.org/10.1684/ejd.2021.4171>

Elder, D. (1999). Tumor progression, early diagnosis and prognosis of melanoma. *Acta*

*Oncologica*, 38(5), 535–548. <https://doi.org/10.1080/028418699431113>

*Guide to Data Cleaning: Definition, benefits, components, and how to clean your data.* (n.d.).

Tableau. <https://www.tableau.com/learn/articles/what-is-data-cleaning>

Hosna, A., Merry, E., Gyalmo, J., Alom, Z., Aung, Z., & Azim, M. A. (2022). Transfer learning:

a friendly introduction. *Journal of Big Data*, 9(1).

<https://doi.org/10.1186/s40537-022-00652-w>

Hill, D. A., & Spergel, J. M. (2018). The atopic march. *Annals of Allergy Asthma & Immunology*,

120(2), 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2017.10.037>

Ibm. (n.d.). *Feature Extraction*. IBM. <https://www.ibm.com/think/topics/feature-extraction>

Ibm. (2025a, February 13). *Model training*. IBM. Retrieved April 21, 2025, from

<https://www.ibm.com/think/topics/model-training>

Ibm. (2025b, April 15). *Convolutional Neural Networks*. IBM. Retrieved April 21, 2025, from

<https://www.ibm.com/think/topics/convolutional-neural-networks>

Ibm. (2025c, April 16). *Deep Learning*. IBM. Retrieved April 21, 2025, from

<https://www.ibm.com/think/topics/deep-learning>

Ibm. (2025d, April 17). *Image Segmentation*. IBM. Retrieved April 21, 2025, from

<https://www.ibm.com/think/topics/image-segmentation>

- Kingma, D. P., & Ba, J. L. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1412.6980>
- Kundu, R. (n.d.). F1 Score in Machine Learning: Intro & Calculation. *V7*.  
<https://www.v7labs.com/blog/f1-score-guide>
- Larsen, J., Hansen, L., Svarer, C., & Ohlsson, M. (2002). Design and regularization of neural networks: the optimal use of a validation set. *IEEE*, 62–71.  
<https://doi.org/10.1109/nnspp.1996.548336>
- Marr, D., & Hildreth, E. (1980). Theory of edge detection. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 207(1167), 187–217.  
<https://doi.org/10.1098/rspb.1980.0020>
- Mok, C. C. (2003). Pathogenesis of systemic lupus erythematosus. *Journal of Clinical Pathology*, 56(7), 481–490. <https://doi.org/10.1136/jcp.56.7.481>
- National Eczema Association. (2025, February 24). *About Eczema: Types, symptoms, causes, treatment* | National Eczema Association. <https://nationaleczema.org/eczema/>
- Okon, L., & Werth, V. (2013). Cutaneous lupus erythematosus: Diagnosis and treatment. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 27(3), 391–404.  
<https://doi.org/10.1016/j.berh.2013.07.008>
- Sedaghatjoo, Z., Hosseinzadeh, H., & Bigham, B. S. (2024). Local Binary Pattern(LBP) optimization for feature extraction. *arXiv (Cornell University)*.  
<https://doi.org/10.48550/arxiv.2407.18665>
- Sharma, B., & Nayyer, R. (2015). Use and analysis of color models in image processing. *International Journal of Advances in Scientific Research*, 1(8), 329.  
<https://doi.org/10.7439/ijasr.v1i8.2460>

*Stages of melanoma skin cancer.* (n.d.). American Cancer Society.

<https://www.cancer.org/cancer/types/melanoma-skin-cancer/detection-diagnosis-staging/melanoma-skin-cancer-stages.html>

*Symptoms of lupus.* (2024, May 15). Lupus. <https://www.cdc.gov/lupus/signs-symptoms/>

Tawbi, H. A., & Kirkwood, J. M. (2007). Management of metastatic melanoma. *Seminars in Oncology*, 34(6), 532–545. <https://doi.org/10.1053/j.seminoncol.2007.09.008>

Terashima, N. (2002). Computer Vision. In *Elsevier eBooks* (pp. 149–179).

<https://doi.org/10.1016/b978-012685351-3/50013-5>

The Skin Cancer Foundation. (2024, September 22). *Melanoma Warning Signs and Images - The Skin Cancer Foundation.*

<https://www.skincancer.org/skin-cancer-information/melanoma/melanoma-warning-signs-and-images/>

Watson, S. (2024, March 15). *What are the 7 different types of eczema?* Healthline.

<https://www.healthline.com/health/types-of-eczema>

Website, N. (2023, April 5). *Symptoms.* nhs.uk.

<https://www.nhs.uk/conditions/melanoma-skin-cancer/symptoms/>

*What is AUC-ROC.* (n.d.). <https://h2o.ai/wiki/auc-roc/>

Yang, D., Peng, B., Al-Huda, Z., Malik, A., & Zhai, D. (2022). An overview of edge and object contour detection. *Neurocomputing*, 488, 470–493.

<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2022.02.079>

Yang, Y., Huang, D., Liu, C., Zhong, N., Peng, Y., Wang, L., Xiao, L., & Zhao, W. (2024). Early diagnosis and clinical application of systemic lupus erythematosus based on a nomogram model. *Heliyon*, 10(2), e24523. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24523>

Yaseen, K. (2025, February 6). *Systemic lupus erythematosus (SLE)*. MSD Manual Professional Edition.

[https://www.msdmanuals.com/professional/musculoskeletal-and-connective-tissue-disorders/systemic-rheumatic-diseases/systemic-lupus-erythematosus-sle?query=systemic%20lupus%20erythematosus%20\(sle\)](https://www.msdmanuals.com/professional/musculoskeletal-and-connective-tissue-disorders/systemic-rheumatic-diseases/systemic-lupus-erythematosus-sle?query=systemic%20lupus%20erythematosus%20(sle))

Zhou, Z. (2021). Machine learning. In *Springer eBooks*.

<https://doi.org/10.1007/978-981-15-1967-3>