

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan teknologi di bidang kesehatan dan kecantikan mendorong inovasi pada teknik akuisisi dan pemrosesan data yang cepat, efisien, dan hemat daya [1]. Kebutuhan akan diagnosis non-invasif untuk pemantauan kesehatan kulit, termasuk identifikasi dini masalah seperti kulit berminyak (*oily*), kering (*dry*), dan kombinasi (*mixed*), semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan dan estetika kulit [2]. Teknik analisis kulit tradisional seperti penggunaan *Sebumeter*, *Corneometer*, dan *VisioScan* telah lama menjadi standar dalam dunia dermatologi untuk mengukur kadar minyak, kelembapan, dan tekstur kulit [3]. Meskipun akurat, metode ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti membutuhkan kontak langsung dengan kulit, memerlukan waktu pengukuran lebih lama, dan memerlukan biaya peralatan yang cukup tinggi [4]. Dalam konteks industri kecantikan dan perawatan kulit modern yang mengutamakan kenyamanan serta efisiensi, keterbatasan tersebut menjadi hambatan yang perlu diatasi. Dengan perkembangan teknologi pengolahan citra (*image processing*) dan pembelajaran mesin (*machine learning*), metode berbasis kamera resolusi tinggi kini menawarkan alternatif yang lebih fleksibel. Sistem berbasis kamera mampu mengukur kondisi kulit secara real-time, tanpa kontak langsung, serta memungkinkan integrasi ke dalam perangkat portabel maupun sistem berbasis *telemedicine* [5]. Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya memproses data visual langsung dari wajah pengguna, kemudian menganalisis parameter kulit melalui algoritma tertentu untuk memberikan hasil cepat dan akurat. Salah satu pendekatan yang efektif untuk mendeteksi kondisi kulit adalah penggunaan ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value) [6]. Dalam ruang warna ini, area kulit berminyak biasanya memiliki nilai *Value* tinggi dan *Saturation* rendah, sedangkan area kulit kering cenderung memiliki nilai *Value* rendah dan *Saturation* tinggi. Dengan menggunakan metode ini, deteksi kondisi kulit dapat dilakukan hanya berdasarkan karakteristik visual dari citra wajah yang diambil oleh kamera.

Namun, pemrosesan citra dengan resolusi tinggi membutuhkan sumber daya komputasi yang cukup besar. Tantangan ini dapat diatasi dengan memanfaatkan perangkat komputasi hemat daya seperti Raspberry Pi 5 yang memiliki prosesor lebih cepat, dukungan penuh terhadap kamera beresolusi tinggi, serta konsumsi daya yang relatif rendah [7]. Raspberry Pi 5 memungkinkan pengolahan citra secara *on-device*, sehingga data tidak perlu dikirim ke server eksternal, yang menghemat bandwidth sekaligus menjaga privasi pengguna. Untuk meningkatkan akurasi dan adaptabilitas sistem terhadap perubahan kondisi pencahayaan, digunakan metode auto-calibrate dan auto-recalibrate. Auto-calibrate menyesuaikan ambang deteksi berdasarkan pengukuran awal nilai HSV dari area kulit tertentu, sedangkan auto-recalibrate secara otomatis memperbarui ambang jika terdeteksi perubahan pencahayaan signifikan selama penggunaan [8]. Fitur ini menjadikan sistem lebih andal untuk digunakan di berbagai lingkungan pencahayaan. Selain itu, untuk memastikan keakuratan pengukuran, penelitian ini memvalidasi hasil sistem dengan membandingkannya terhadap Digital Skin Analyzer komersial. Alat ini bekerja secara kontak langsung untuk mengukur kelembapan dan kadar minyak kulit menggunakan prinsip kapasitansi dan optik [9]. Perbandingan ini memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat akurasi metode non-kontak berbasis kamera terhadap alat konvensional. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini mengembangkan sistem pendeteksi kondisi kulit non-kontak berbasis Raspberry Pi 5 dan kamera beresolusi minimal 12 MP, dilengkapi metode auto-calibrate dan auto-recalibrate berbasis HSV, serta divalidasi hasilnya menggunakan Digital Skin Analyzer. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif yang efisien, akurat, dan praktis untuk aplikasi dermatologi modern..

Sejumlah penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait analisis kondisi kulit dengan pendekatan citra digital. Misalnya, penelitian oleh Hassan et al. (2023) yang menggunakan metode pengolahan citra berbasis HSV untuk mendeteksi kulit dengan filter logika, namun sistem yang diusulkan masih terbatas pada area kulit tertentu dan akurasinya sangat dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan. Penelitian lain oleh Nikolskaia et al. (2017) menerapkan teknik segmentasi wajah berbasis *superpixel* (SLIC) dan analisis tekstur menggunakan histogram warna untuk membedakan kulit normal dan berminyak, tetapi tidak memperhitungkan kondisi

kulit kering. Sementara itu, Kolkur et al. (2017) mencoba pendekatan berbasis *machine learning* dengan ekstraksi fitur warna dan tekstur pada ruang warna RGB, HSV, dan YCbCr, namun memerlukan dataset besar dan proses pelatihan yang relatif lama.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi kulit masih memiliki keterbatasan, baik dari sisi cakupan kondisi kulit maupun kepraktisan penggunaan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan alat deteksi kadar kelembapan, minyak, dan tekstur kulit secara non-kontak menggunakan kamera dengan metode rule-based HSV. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis, mudah digunakan, dan tetap memberikan baseline performa yang cukup baik untuk analisis kulit sehari-hari.

3.4 Rumusan Masalah

1. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi kondisi kulit non-kontak berbasis kamera beresolusi tinggi dan Raspberry Pi 5 yang mampu mengidentifikasi area kulit berminyak (oily), kering (dry), normal, dan kombinasi (mixed) secara real-time?
3. Bagaimana memanfaatkan ruang warna HSV untuk menentukan ambang deteksi (threshold) pada area kulit berminyak dan kering yang adaptif terhadap variasi warna kulit dan kondisi pencahayaan?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang dan membangun sistem deteksi kondisi kulit non-kontak berbasis Raspberry Pi 5 dan kamera beresolusi minimal 12 MP yang mampu mengidentifikasi area kulit berminyak (oily), kering (dry), normal, dan kombinasi (mixed) secara real-time, dan mendapatkan akurasi sebesar $\geq 90\%$, dan konsistensi nilai per subjek $\leq 5\%$.
2. Mengimplementasikan metode analisis citra berbasis ruang warna HSV untuk menentukan ambang deteksi (threshold) area kulit berminyak dan

kering yang adaptif terhadap perbedaan warna kulit dan kondisi pencahayaan.

3. Melakukan pengujian dan validasi kinerja sistem dengan membandingkan hasil deteksi terhadap metode pengukuran konvensional menggunakan Digital Skin Analyzer, serta menganalisis tingkat akurasi dan keandalannya.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Industri Kecantikan dan Perawatan Kulit

Memberikan solusi analisis kondisi kulit yang cepat, non-invasif, dan real-time sehingga dapat digunakan di klinik kecantikan, pusat perawatan kulit, maupun toko kosmetik untuk mendukung rekomendasi produk yang lebih tepat.

2. Bagi Penelitian Dermatologi

Menyediakan metode alternatif berbasis pengolahan citra yang efisien dan adaptif terhadap pencahayaan, sehingga dapat dimanfaatkan dalam studi klinis maupun riset pengembangan teknologi analisis kulit.

3. Bagi Konsumen dan Pengguna Umum

Memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kulit secara mandiri di rumah tanpa memerlukan peralatan mahal atau prosedur invasif.

4. Bagi Pengembangan Teknologi Embedded System

Menjadi contoh penerapan nyata Raspberry Pi 5 dalam bidang healthcare dan kecantikan, khususnya untuk sistem berbasis image processing dengan keterbatasan daya dan sumber daya komputasi.

1.5 Batasan Masalah

1. Sistem deteksi kulit ini hanya difokuskan pada area wajah, khususnya *T-Zone* yang meliputi dahi (forehead), hidung (nose), pipi kanan (right cheek), dan pipi kiri (left cheek).

2. Parameter yang diukur terbatas pada kadar minyak (oily) dan indikasi kekeringan (dry) kulit berdasarkan karakteristik warna pada ruang warna HSV.
3. Sistem menggunakan kamera dengan resolusi minimal 12 MP yang terhubung ke Raspberry Pi 5 sebagai unit pemrosesan utama.
4. Pencahayaan selama pengujian diatur dalam kondisi terkontrol dengan tambahan sumber cahaya LED ring untuk meminimalisasi gangguan dari pencahayaan lingkungan.
5. Validasi hasil dilakukan dengan membandingkan pengukuran dari Digital Skin Analyzer sebagai alat referensi.
6. Sistem ini tidak mengukur parameter kulit lain seperti tingkat pigmentasi, pori-pori, atau kerutan.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini akan diselesaikan melalui beberapa pendekatan, di antaranya yaitu studi literatur, perancangan sistem, implementasi perangkat lunak dan perangkat keras, serta pengujian dan validasi prototipe. Pendekatan-pendekatan ini akan dirinci sebagai berikut.

Penelitian dimulai dengan studi literatur yang mendalam untuk memahami konsep pengolahan citra berbasis ruang warna HSV, teknik deteksi wajah, serta penggunaan perangkat embedded system seperti Raspberry Pi 5 dalam pemrosesan citra real-time [1][2]. Literatur juga mencakup metode auto-calibrate dan auto-recalibrate yang digunakan untuk menjaga akurasi deteksi pada kondisi pencahayaan yang bervariasi.

Setelah itu, dilakukan perancangan awal sistem pendeteksi kulit non-kontak, yang meliputi konfigurasi perangkat keras (Raspberry Pi 5, kamera ≥ 12 MP, LED Ring Light) dan perangkat lunak (Python, OpenCV, NumPy). Rancangan ini bertujuan untuk menentukan konfigurasi optimal yang dapat menghasilkan deteksi area oily dan dry secara akurat dengan kecepatan pemrosesan tinggi.

Langkah berikutnya adalah implementasi prototipe dengan membangun unit perangkat keras sesuai rancangan dan mengintegrasikannya dengan perangkat lunak deteksi kulit. Implementasi meliputi pembuatan algoritma deteksi wajah

menggunakan Haar Cascade, pembagian ROI (dahi, hidung, pipi kanan, pipi kiri), pembuatan mask oily dan dry, serta penyesuaian parameter deteksi menggunakan auto-calibrate dan auto-recalibrate.

Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengukur tingkat akurasi, kestabilan, dan efisiensi sistem. Analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang kinerja sistem serta potensi pengembangan lebih lanjut dalam aplikasi dermatologi non-kontak dan perangkat portabel.

1.7 Proyeksi Pengguna

1. Klinik kecantikan dan dermatologi.
2. Industri kosmetik dan skincare.
3. Peneliti kesehatan kulit