

BAB I

ANALISIS KEBUTUHAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pengolahan gambar digital telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir dan telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk analisis tekstur kulit, yang berhubungan langsung dengan pemantauan kelembapan kulit[1]. Kelembapan kulit adalah faktor penting dalam menjaga kesehatan dan kecantikan kulit manusia. Kondisi kulit yang kering atau terlalu lembap dapat berdampak pada berbagai masalah kulit, termasuk iritasi, keriput, dan gangguan dermatologis lainnya. Oleh karena itu, pemahaman tingkat kelembapan kulit dan pemantauan kondisi kulit menjadi kunci dalam perawatan kulit yang efektif. Selama bertahun-tahun, pengukuran kelembapan kulit telah menjadi area penelitian yang penting dalam ilmu dermatologi dan perawatan kulit. Banyak alat dan teknik telah dikembangkan untuk mengukur kelembapan kulit. Seiring dengan perkembangan teknologi, alat-alat ini telah menjadi semakin canggih dan akurat.

Salah satu perkembangan terbaru dalam teknologi pemantauan kulit adalah penggunaan kamera CMOS untuk mengukur kelembapan kulit dan menganalisis kondisi kulit. Kamera ini memungkinkan pengambilan gambar kulit yang berkualitas tinggi dan memiliki potensi untuk mengidentifikasi perubahan visual pada kulit yang tidak terlihat dengan mata telanjang. Analisis gambar yang diperoleh dari kamera dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanda-tanda seperti kerutan, bintik-bintik, dan perubahan warna kulit. Dengan demikian, kamera CMOS dapat memberikan pemantauan yang lebih komprehensif dan solusi perawatan kulit yang lebih tepat sasaran. Alat ini dapat digunakan dalam berbagai konteks, termasuk perawatan pribadi, penelitian dermatologi, pengembangan produk perawatan kulit, dan pemantauan kesehatan kulit. Perangkat semacam itu memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam menjaga kesehatan kulit dan meningkatkan pemahaman kita tentang kondisi kulit manusia.

Selain teknologi CMOS, pengolahan citra digital telah menjadi pilar utama dalam berbagai aplikasi pemrosesan gambar. Pengolahan citra digital adalah cabang penting dalam bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) yang bertujuan untuk memahami, menganalisis, dan memanipulasi citra digital. Salah satu teknologi yang

paling menonjol dalam pengolahan citra digital adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN telah menjadi fondasi utama dalam pengolahan citra digital dan menghasilkan kemajuan luar biasa dalam aplikasi seperti pengenalan objek, segmentasi citra, dan pengolahan citra medis. CNN adalah jenis arsitektur jaringan saraf tiruan yang terinspirasi oleh cara kerja visual manusia dan struktur jaringan saraf biologis.

Dengan demikian, CNN memainkan peran penting dalam pengolahan citra kulit untuk mengidentifikasi fitur-fitur seperti kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak pada kulit manusia. Arsitektur CNN memungkinkan analisis otomatis dan komprehensif, yang dapat diterapkan pada perangkat pengukuran kulit yang menggunakan teknologi pengolahan citra digital.

Tabel 1.1 Perbandingan *Contact* dan *Contactless*

| Contact | Contactless |
|---|--|
| Pengukuran lebih akurat karena bersentuhan langsung dengan kulit | Memiliki akurasi yang belum ditentukan karena menggunakan teknologi baru |
| Terdapat resiko infeksi | Resiko infeksi lebih rendah karena tidak bersentuhan langsung dengan kulit |
| Memerlukan perawatan dan pembersihan rutin untuk mencegah kontaminasi dan menjaga kualitas alat | Lebih mudah dirawat dan tidak memerlukan pembersihan yang rumit |

1.2. Informasi Pendukung

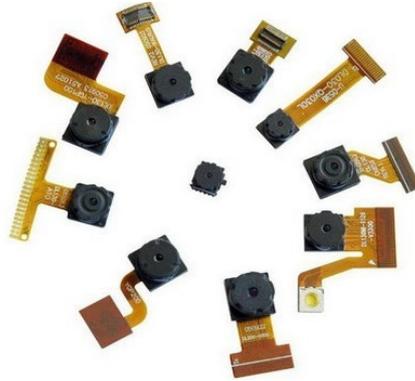
1.2.1. Teknologi Sensor

Sensor CMOS mampu memberi keluaran data digital siap olah, sensor CMOS juga mempunyai kemampuan untuk diajak bekerja cepat yaitu sanggup mengambil banyak foto dalam satu detik, dan sensor CMOS lebih hemat energi sehingga pemakaian baterai lebih awet. Data menunjukkan perkembangan dalam teknologi sensor yang dapat mengukur parameter kulit secara *non-invasif*, akurat, dan cepat[2].

1.2.2. Penelitian Dermatologi

Penelitian dalam dermatologi terus berkembang, seperti teknologi sensor CCD (*Charge Coupled Device*) yang sudah mulai ditinggalkan, dan mulai saat ini telah banyak produsen yang beralih dari sensor CCD ke sensor CMOS. Perbedaan teknis keduanya adalah dalam bagaimana tiap piksel itu memproses cahaya yang ditangkapnya, piksel pada sensor CCD merubah cahaya menjadi elektron dan *output* dari sensor CCD memberikan hasil berupa tegangan, alias benar-benar piranti analog. Sebaliknya, tiap piksel pada sensor CMOS mampu menghasilkan

data digital berkat adanya transistor yang ada pada setiap piksel. Data dari penelitian ini memberikan pemahaman lebih dalam tentang hubungan antara kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak pada kulit dengan kesehatan kulit dan proses penuaan[2].



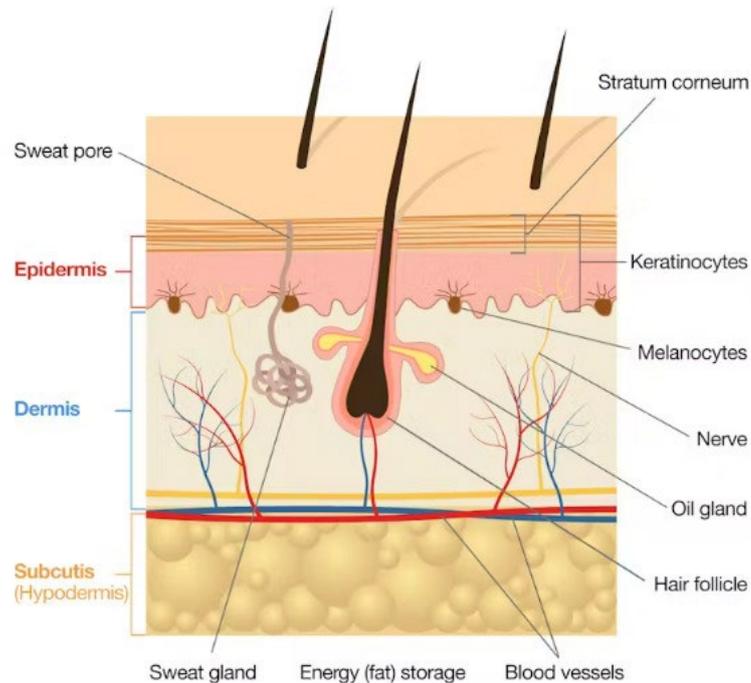
Gambar 1.1 Modul CMOS

1.2.3. Kulit dan Tantangan Pengukuran

Kulit adalah bagian paling luar yang membungkus tubuh dan berhubungan langsung dengan berbagai pengaruh dari luar, kulit juga menjadi cerminan dari keadaan tubuh pemiliknya. Seseorang yang kurang sehat salah satunya dapat dilihat dari keadaan kulitnya yang kurang cerah, begitupun saat kekurangan zat gizi atau nutrisi lainnya, kulit akan tampak keriput atau kurang elastisitasnya. Kelembapan pada kulit memainkan peran penting dalam menjaga integritas dan fungsi lapisan kulit terluar (*stratum corneum*). *Stratum corneum* yang terhidrasi dengan baik dapat mempertahankan kelembutan dan fleksibilitas kulit, serta mencegah terjadinya retak dan pengelupasan. Jika kelembapan kulit berkurang, kulit akan kehilangan elastisitasnya, menjadi kering, dan lebih rentan terhadap iritasi, infeksi, dan kerusakan mekanis[3].

Kelembutan kulit berkaitan erat dengan kesehatan struktur lapisan kulit. Kulit yang lembut biasanya menandakan hidrasi yang baik dan lapisan kulit yang tidak mengalami kerusakan atau gangguan seperti penebalan akibat gesekan atau paparan lingkungan yang keras. Alat pengukur kelembutan kulit dapat membantu mendeteksi perubahan pada tekstur kulit yang mungkin diakibatkan oleh kondisi kesehatan yang buruk atau faktor eksternal seperti paparan sinar UV atau polusi. Lapisan lemak alami pada kulit atau sebum berfungsi sebagai pelindung dari kelebihan penguapan air dan paparan lingkungan. Sebum juga membantu menjaga fleksibilitas dan kesehatan *stratum corneum*. Kadar minyak yang terlalu

tinggi dapat menyebabkan penyumbatan pori-pori dan jerawat, sedangkan kadar minyak yang terlalu rendah dapat menyebabkan kulit kering, retak, dan lebih rentan terhadap kerusakan[3].

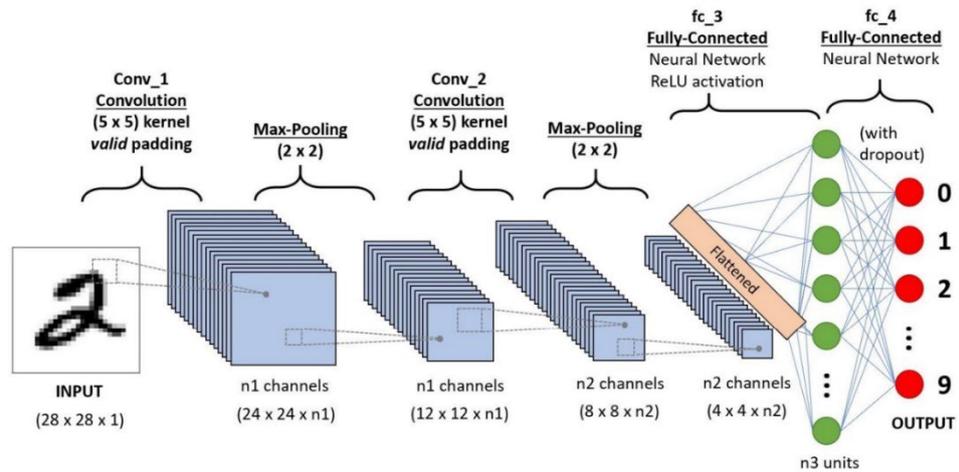


Gambar 1.2 Struktur Kulit

Kulit manusia memiliki beragam jenis dan warna yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran, variabilitas ini bisa disebabkan oleh faktor genetik, usia, dan kondisi kesehatan. Ketepatan dan konsistensi pengukuran juga menjadi tantangan dalam mengukur kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak pada kulit manusia.

1.2.4. Pengolahan Citra Digital (CNN)

Pengolahan citra digital adalah cabang penting dalam kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) yang bertujuan untuk memahami, menganalisis, dan memanipulasi citra digital. Dalam beberapa tahun terakhir, *Convolutional Neural Network* (CNN) telah menjadi fondasi utama dalam pengolahan citra digital, menghasilkan kemajuan luar biasa dalam aplikasi seperti pengenalan objek, segmentasi citra, dan pengolahan citra medis. CNN adalah jenis arsitektur jaringan saraf tiruan yang terinspirasi oleh cara kerja visual manusia dan struktur jaringan saraf biologis. CNN sangat cocok untuk memproses data berbentuk *grid*, seperti gambar, dan telah banyak digunakan dalam aplikasi pengenalan wajah, analisis kulit, dan berbagai bidang kesehatan lainnya[4].



Gambar 1.3 Arsitektur CNN

Konsep Dasar CNN, terdiri dari beberapa lapisan utama yang bekerja secara bertahap untuk menganalisis citra. Dua lapisan kunci dalam CNN adalah lapisan konvolusi dan lapisan *pooling*.

- Lapisan Konvolusi, lapisan ini mengandung filter yang bergerak di seluruh gambar input untuk mengekstraksi fitur lokal seperti tepi, tekstur, dan pola dari gambar. Proses ini menghasilkan peta fitur yang memampangkan representasi hierarkis dari gambar tersebut.
- Lapisan *Pooling*, lapisan *pooling* digunakan untuk mengurangi dimensi spasial dari peta fitur dengan mengambil nilai maksimum atau rata-rata dari area tertentu. Ini membantu mengurangi jumlah parameter dan membuat model lebih tahan terhadap variasi dalam gambar.

1.2.5. *MobileNetV2*

MobileNetV2 adalah arsitektur jaringan saraf konvolusional (CNN) yang dirancang untuk perangkat dengan daya komputasi terbatas. Model ini dikembangkan oleh Google dan menggunakan *depthwise separable convolution*, yang terdiri dari dua tahap yaitu *depthwise convolution* untuk memisahkan setiap gambar, dan *pointwise convolution* (*1x1 convolution*) untuk menggabungkan informasi antar *channel*. Tujuannya untuk mengurangi jumlah komputasi secara signifikan, sehingga model lebih efisien tanpa mengorbankan akurasi. *MobileNetV2* juga memperkenalkan *bottleneck residual block*, yang mengurangi dimensi data dan menambahkan *expansion layer* untuk memperluas saluran data sebelum proses konvolusi[5].

MobileNetV2 cukup efisien dalam melakukan tugas-tugas klasifikasi dan deteksi gambar dengan daya komputasi rendah. Untuk alat pengukur kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak pada kulit secara *contactless*, model ini dapat digunakan untuk memproses gambar kulit yang diambil menggunakan kamera. *MobileNetV2* menggunakan teknik *depthwise separable convolution* yang memecah komputasi konvolusi menjadi dua tahap, sehingga mampu mengekstrak fitur penting dengan lebih cepat dan menggunakan lebih sedikit memori. Dalam konteks pengolahan gambar kulit, model ini bisa diintegrasikan untuk mengenali pola dan tekstur kulit, yang kemudian dapat digunakan sebagai indikator tingkat kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak. Dengan efisiensi komputasinya, *MobileNetV2* cocok diterapkan pada perangkat keras seperti Raspberry Pi yang mendukung pengukuran secara *realtime* dan *contactless*.

Tabel 1.2 Arsitektur *MobileNetV2*

| Input | Operator | <i>t</i> | <i>c</i> | <i>n</i> | <i>s</i> |
|-----------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| 224 ² x 3 | Conv2d | - | 32 | 1 | 2 |
| 112 ² x 32 | bottleneck | 1 | 16 | 1 | 1 |
| 112 ² x 16 | bottleneck | 6 | 24 | 2 | 2 |
| 56 ² x 24 | bottleneck | 6 | 32 | 3 | 2 |
| 28 ² x 32 | bottleneck | 6 | 64 | 4 | 2 |
| 14 ² x 64 | bottleneck | 6 | 96 | 3 | 1 |
| 14 ² x 96 | bottleneck | 6 | 160 | 3 | 2 |
| 7 ² x 160 | bottleneck | 6 | 320 | 1 | 1 |
| 7 ² x 320 | conv2d 1x1 | - | 1280 | 1 | 1 |
| 7 ² x 1280 | avgpool 7x7 | - | - | 1 | - |
| 1 x 1 x 1280 | conv2d 1x1 | - | k | - | - |

Tabel arsitektur *MobileNetV2* yang ditampilkan pada gambar tersebut menjelaskan berbagai lapisan (*layers*) dan operator yang digunakan dalam jaringan *MobileNetV2*[5]. Berikut adalah penjelasan kolom demi kolom dalam tabel arsitektur *MobileNetV2*.

- Kolom "*Input*": Kolom ini menunjukkan ukuran *input* pada setiap lapisan. Formatnya adalah dimensi tinggi x lebar x jumlah *channel*. Berikut

penjelasan *input* di setiap baris: $224^2 \times 3$: *Input* awal ke jaringan adalah gambar dengan ukuran 224×224 piksel dan 3 *channel* warna (RGB). $112^2 \times 32$: Setelah lapisan pertama, ukuran gambar berubah menjadi 112×112 dengan 32 *channel* fitur. Setiap baris menunjukkan bagaimana ukuran gambar berubah saat melewati setiap *layer* dalam jaringan.

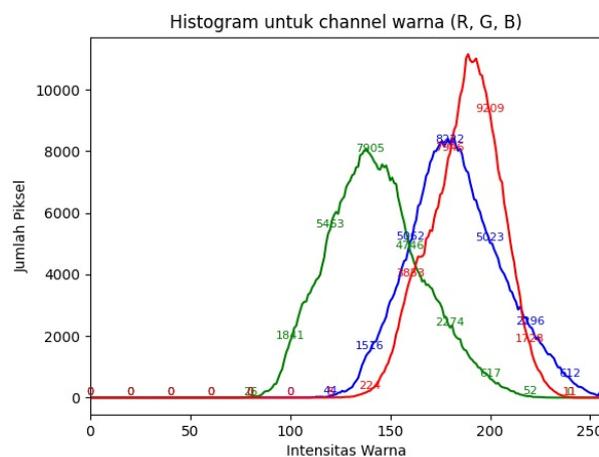
- Kolom "Operator": Ini menunjukkan jenis operasi atau *layer* yang diterapkan pada *input*. Berikut beberapa operator penting: *conv2d*: *Layer Convolutional 2D* standar, yang digunakan untuk memfilter *input* dan mengekstrak fitur. *Bottleneck*: *Layer bottleneck* yang mengurangi dimensi (*channel*) untuk menghemat komputasi. *MobileNetV2* menggunakan *inverted residual bottleneck*, di mana *channel* diperbesar terlebih dahulu, lalu dikurangi setelah konvolusi *depthwise*. *avgpool 7x7*: *Average pooling layer* yang menghitung rata-rata dari fitur di setiap *channel*, dengan filter berukuran 7×7 . *conv2d 1x1*: *Convolution* dengan *kernel* 1×1 yang digunakan untuk mengubah jumlah *channel* tanpa mengubah dimensi spasial.
- Kolom "t" (*Expansion Factor*): Ini menunjukkan faktor ekspansi pada blok *bottleneck*. Nilai ini mengatur berapa kali jumlah *channel* diperbesar sebelum *depthwise convolution*: $t = 6$: Jumlah *channel* diperbesar 6 kali sebelum *convolusi depthwise* diterapkan. $t = 1$: Tidak ada ekspansi *channel* pada *bottleneck*.
- Kolom "c" (*Jumlah Channel Output*): Kolom ini menunjukkan jumlah *channel output* pada setiap lapisan. Misalnya: Pada *input* $112^2 \times 32$, *bottleneck* menghasilkan 16 *channel* pada *outputnya*. Nilai ini bertambah pada *layer* berikutnya, tergantung pada struktur jaringan.
- Kolom "n" (*Jumlah Repetisi*): Ini menunjukkan berapa kali operasi tersebut diulang untuk setiap *input*. Contohnya: $56^2 \times 24$ *bottleneck* diulang 3 kali untuk *input* tersebut. Pengulangan ini membantu dalam memperdalam jaringan dan meningkatkan kapasitas fitur.
- Kolom "s" (*Stride*): Kolom ini menunjukkan *stride* yang digunakan pada setiap *layer*. *Stride* menentukan seberapa besar pergeseran *kernel convolution* selama operasi. $s = 2$: *Stride 2* mengindikasikan bahwa ukuran

gambar akan berkurang setengah pada *layer* tersebut. $s = 1$: *Stride* 1 berarti ukuran gambar tetap sama setelah operasi *convolution*.

- Tabel ini menunjukkan bagaimana *MobileNetV2* dibangun dengan kombinasi dari *convolution 2D*, *inverted residual blocks*, dan *bottleneck layers*. Tabel ini mengilustrasikan perubahan ukuran *input*, jumlah *channel*, dan operasi yang dilakukan untuk setiap langkah dalam arsitektur jaringan. Di awal, gambar dengan ukuran 224x224 piksel diproses dengan *convolution* standar, lalu dilanjutkan dengan blok *bottleneck* yang mengurangi jumlah *channel* untuk menghemat komputasi. Selanjutnya, gambar diproses melalui berbagai operasi dengan faktor ekspansi yang berbeda (t), *channel output* (c), dan jumlah pengulangan (n), hingga mencapai *pooling global* dan lapisan *convolution* akhir. Arsitektur ini dirancang untuk menjadi efisien dalam penggunaan parameter dan komputasi, tetapi tetap mampu mengekstrak fitur yang kompleks dari gambar *input*, cocok untuk aplikasi di perangkat dengan keterbatasan sumber daya seperti *smartphone* dan *embedded systems*.

1.2.6. Histogram Citra

Histogram citra adalah grafik yang menunjukkan jumlah piksel dengan intensitas tertentu dalam citra. Intensitas adalah tingkat kecerahan piksel, yang sering diukur dalam skala 0 hingga 255 untuk citra berwarna 8-bit, dengan 0 mewakili hitam dan 255 mewakili putih. Histogram menggambarkan seberapa sering setiap intensitas muncul dalam citra[6]. Histogram dapat digunakan sebagai deteksi fitur seperti tepi atau puncak dalam citra.



Gambar 1.4 Contoh Histogram Citra (RGB)

Grafik dua dimensi dengan sumbu x mewakili intensitas piksel dan sumbu y mewakili jumlah piksel dengan intensitas tersebut. Beberapa poin penting dalam membaca histogram adalah:

- Puncak Paling Tinggi, intensitas dominan dalam citra. Puncak ini menunjukkan seberapa sering intensitas tersebut muncul.
- Distribusi Intensitas, seberapa merata distribusi intensitas dalam histogram dapat memberikan petunjuk tentang kontras citra. Distribusi yang merata akan menghasilkan citra dengan kontras yang baik.
- *Range* Intensitas, Rentang intensitas yang digunakan dalam citra dapat dilihat dari histogram. Jika histogram mencapai 0 dan 255, itu berarti citra menggunakan seluruh rentang 8-bit.

1.3. *Constraint*

1.3.1. Kesehatan

Dalam pengembangan alat pengukur kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak pada kulit manusia dengan metode *contactless*, terdapat *constraint* yang krusial. Pertama, alat harus memastikan bahwa proses pengukuran tidak menyebabkan iritasi atau kerusakan pada kulit manusia, dan metodenya harus aman dari segi kesehatan, tanpa menyebabkan reaksi alergi atau masalah kulit lainnya. Selain itu, kebersihan dan sanitasi perangkat harus dijaga ketat untuk mencegah penyebaran infeksi dan bakteri antar pengguna. Penggunaan bahan aman dan tidak beracun juga menjadi perhatian utama, agar tidak membahayakan kesehatan pengguna. Terakhir, perlindungan data pribadi mengenai informasi kesehatan pengguna dalam pengukuran harus dijamin dan mematuhi regulasi privasi yang berlaku untuk menjaga kesehatan dan keamanan pengguna.

1.3.2. Portabilitas

Dalam pengembangan alat untuk mengukur kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak pada kulit manusia dengan metode *contactless*. Alat harus memiliki ukuran yang sesuai, agar pengguna dapat dengan mudah membawa dan menggunakan alat baik *indoor* ataupun *outdoor*. Namun, terdapat batasan pada massa dan ukuran yang harus diperhatikan untuk memastikan alat tetap praktis dan mudah dibawa. Hal ini juga berhubungan dengan daya tahan baterai, di mana alat harus tetap beroperasi dengan baik dalam kondisi *portable* dan dapat

digunakan tanpa harus sering mengganti atau mengisi daya baterai. Dengan mempertimbangkan batasan-batasan ini, pengembang dapat menciptakan alat yang memadai untuk mobilitas pengguna yang lebih besar.

1.4. Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

1. Alat dapat mengukur kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak pada kulit manusia dengan *output* berupa *level*,
2. Alat dapat mengukur secara *contactless*,
3. Alat dapat beroperasi secara *mobile* dan *portable*,

1.5. Tujuan

Penelitian *Capstone Design* ini bertujuan untuk mengukur dan memantau kondisi kulit seperti kelembapan, kelembutan, dan kadar minyak. Selain itu alat ini dapat menganalisis kondisi kulit dengan menggunakan gambar yang diambil oleh kamera CMOS, mencakup identifikasi tanda-tanda perubahan visual pada kulit. Dengan mengukur kelembapan kulit dan menganalisis kondisi kulit, alat ini dapat membantu dalam merancang perawatan kulit yang lebih tepat sasaran dan efektif sesuai dengan kondisi kulit masing-masing individu. Tujuan utama dari alat ini adalah untuk meningkatkan pemahaman tentang kesehatan kulit manusia dan memberikan alat yang berguna untuk pemantauan, perawatan, dan penelitian yang lebih baik terkait dengan kulit manusia. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi kulit dan tingkat kelembapan kulit, diharapkan dapat membantu individu dalam merawat kulit mereka secara lebih efektif dan menyeluruh.