

RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI TIPE KULIT WAJAH BERBASIS ESP32 DENGAN SENSOR CAHAYA TSL2561

Eka Nindiya¹, Miftakhul Maulidina², M. Dewi Manikta Puspitasari^{3*}, Juli Sulaksono⁴
Teknik Elektronika Universitas Nusantara PGRI Kediri^{1,2,3}, Teknik Informatika Universitas Nusantara
PGRI Kediri⁴

nindiyanl@gmail.com¹, miftakhulmaulidi@unpkediri.ac.id², dewimanikta@gmail.com³,
jsulaksono@unpkediri.ac.id³

**Corresponding author: M. Dewi Manikta Puspitasari*

Abstrak

Ketidakkuratan dalam mengenali tipe kulit wajah dapat menyebabkan pemilihan produk perawatan yang kurang tepat. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkan sistem tanpa kontak yang dapat mendeteksi tipe kulit secara otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor cahaya TSL2561. Sistem ini memanfaatkan LED putih sebagai sumber pencahayaan tetap dan mengukur intensitas pantulan cahaya dari kulit untuk klasifikasi menjadi tiga tipe: kering, normal, dan berminyak. Proses deteksi dipicu oleh satu tombol, dengan hasil klasifikasi ditampilkan melalui layar OLED dan didukung indikator LED sebagai penanda status. Sistem diprogram menggunakan Arduino IDE dan diuji pada 30 partisipan, dengan hasil yang sesuai observasi langsung. Sistem menunjukkan kinerja stabil, efisien, dan unggul secara higienis karena tidak menyentuh kulit. Perangkat berukuran kecil, ringan, serta dapat dioperasikan melalui catu daya USB, sehingga mudah digunakan. Sistem ini dinilai layak sebagai prototipe awal dan berpotensi dikembangkan dengan integrasi kecerdasan buatan

Kata Kunci : Pendeteksi Tipe Kulit, ESP32, TSL2561, Perangkat Portabel

A. PENDAHULUAN

Kulit wajah merupakan lapisan terluar tubuh yang berfungsi sebagai pelindung sekaligus indera peraba yang sensitif (Agustina, 2025). Jenis kulit wajah diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu normal, kering, dan berminyak, yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda (Heryanto et al., 2023). Pemahaman pada jenis kulit wajah sangat penting dalam menentukan produk perawatan yang tepat. Jika salah memilih, dapat muncul berbagai permasalahan seperti iritasi, alergi, atau bahkan jerawat yang sulit diatasi (As'ary et al., 2022). Saat ini, banyak individu yang belum mengetahui jenis kulitnya secara pasti, sehingga sering kali memilih produk secara asal. Identifikasi jenis kulit umumnya masih dilakukan secara manual, baik melalui pengamatan pribadi maupun oleh tenaga non-medis yang belum memiliki keahlian khusus di bidang dermatologi. Potensi kesalahan dari metode ini cukup tinggi, sehingga dapat menyebabkan kekeliruan dalam menentukan jenis kulit wajah. Akibatnya, banyak pengguna mengalami masalah kulit akibat pemakaian produk yang tidak sesuai dengan kebutuhan kulit mereka. Dengan banyaknya variasi produk di pasaran, pengguna semakin kesulitan dalam memilih produk yang benar-benar cocok. Oleh sebab itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengidentifikasi jenis kulit wajah dengan lebih akurat dan efisien, sehingga dapat membantu individu dalam memilih produk perawatan yang tepat.

Sensor cahaya merupakan salah satu inovasi teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk mengenali tipe kulit wajah secara objektif dan tanpa kontak fisik. Prinsip kerjanya didasarkan pada kemampuan mendeteksi intensitas cahaya yang dipantulkan oleh permukaan kulit setelah disinari oleh sumber cahaya tertentu. Setiap tipe kulit kering, normal, maupun berminyak memiliki karakteristik pantulan cahaya yang berbeda-beda, tergantung dari kondisi minyak, tekstur, dan kelembapan kulit. Misalnya, kulit berminyak cenderung memantulkan cahaya lebih tinggi, sedangkan kulit kering menyerap lebih banyak cahaya. Variasi dalam pantulan ini dapat dijadikan indikator penting dalam proses klasifikasi jenis kulit. Keunggulan metode ini adalah kemampuannya dalam memberikan hasil pengukuran yang konsisten dan tidak terpengaruh oleh persepsi individu atau kondisi pencahayaan sekitar, seperti yang sering terjadi pada metode manual.

Melalui pemanfaatan prinsip tersebut, penelitian ini merancang dan membangun sebuah perangkat yang dapat mendeteksi tipe kulit wajah menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor

cahaya TSL2561. Alat ini dirancang agar tidak hanya higienis karena tidak memerlukan kontak langsung, tetapi juga praktis dan mudah digunakan. Hasil klasifikasi kulit ditampilkan secara langsung melalui layar OLED, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi mengenai jenis kulit mereka secara instan dan jelas. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pengguna dapat memahami kondisi kulit mereka dengan lebih tepat, yang pada akhirnya membantu dalam pemilihan produk perawatan kulit yang sesuai. Hal ini tentu berpotensi mengurangi risiko kesalahan dalam penggunaan produk yang tidak cocok, sekaligus mendorong pemanfaatan teknologi digital dalam bidang perawatan dan kesehatan kulit.

B. LANDASAN TEORI

Jenis kulit wajah manusia dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik permukaannya, salah satunya melalui tingkat pantulan cahaya. Kulit berminyak cenderung memantulkan lebih banyak cahaya dibandingkan kulit kering, karena adanya lapisan minyak yang membuat permukaan lebih reflektif. Prinsip inilah yang melandasi penggunaan sensor cahaya dalam proses identifikasi tipe kulit wajah. Pendekatan ini bersifat non-kontak dan dinilai lebih aman serta nyaman bagi pengguna dibandingkan metode manual maupun berbasis pencitraan yang lebih kompleks.

Proses awal sistem dimulai ketika program dijalankan melalui perangkat lunak Arduino IDE, yang berfungsi sebagai lingkungan pemrograman bagi mikrokontroler ESP32. Pada tahap ini, kode program yang telah dibuat bertugas mengaktifkan seluruh komponen utama sistem, seperti sensor cahaya TSL2561, lampu LED, dan layar OLED yang digunakan sebagai media tampilan hasil deteksi. Setelah program aktif, perangkat perlu disambungkan ke sumber daya listrik melalui kabel USB micro. Sambungan ini dapat berasal dari adaptor listrik, laptop, maupun power bank, yang berfungsi sebagai catu daya untuk mengoperasikan sistem secara menyeluruh. Pengguna kemudian menekan saklar untuk menginisialisasi perangkat. Tindakan ini menjadi sinyal bahwa alat siap memulai proses deteksi. Indikasi bahwa sistem telah aktif ditunjukkan dengan masuknya ke tahap Start, dan dilanjutkan ke mode Skin Check, yaitu fase di mana sensor telah siap untuk mendeteksi pantulan cahaya dari kulit wajah. Pada saat bersamaan, lampu LED akan menyala sebagai sumber cahaya tetap. Cahaya ini sangat penting agar sensor TSL2561 dapat mendeteksi tingkat intensitas pantulan dari permukaan kulit. Selanjutnya, alat diarahkan ke bagian wajah pengguna dengan jarak kurang lebih 1 cm untuk memastikan hasil pembacaan yang optimal. Sensor TSL2561 kemudian akan mengukur intensitas cahaya (lux) yang dipantulkan dari wajah. Data lux ini menjadi dasar untuk mengklasifikasikan jenis kulit pengguna berdasarkan nilai batas tertentu yang telah ditetapkan dalam sistem, yakni kulit kering, apabila nilai lux yang terdeteksi kurang dari 100. Kulit normal, jika nilai lux berada dalam rentang 100 hingga 300. Kulit berminyak, apabila nilai lux melebihi 300. Setelah klasifikasi dilakukan, hasilnya ditampilkan pada layar OLED dalam bentuk teks yang menunjukkan kategori kulit saja, tanpa menampilkan nilai lux secara spesifik. Tahap akhir dari alur ini adalah kondisi Selesai, yang menandakan bahwa proses pendeteksian telah berhasil dilakukan dan tipe kulit wajah pengguna berhasil diidentifikasi.

1. Jenis Kulit Wajah

Kulit wajah manusia memiliki beberapa tipe yang umum dikenal, yaitu kulit normal, kulit kering, dan kulit berminyak (Rahmi & Nurcahyo, 2021). Kulit normal memiliki keseimbangan antara kelembaban dan produksi minyak (sebum), tampak halus dan tidak terlalu sensitif. Kulit kering cenderung kasar, terasa kencang setelah dicuci, dan sering mengalami pengelupasan karena kekurangan minyak alami. Kulit berminyak menghasilkan sebum berlebih, tampak mengkilap, dan rentan terhadap jerawat serta pori-pori besar. Pemahaman mengenai jenis kulit sangat penting agar individu dapat memilih produk perawatan kulit yang sesuai.

2. Pantulan Cahaya Pada Permukaan Kulit

Permukaan kulit dengan kadar minyak dan tekstur yang berbeda akan memantulkan cahaya dengan intensitas yang berbeda pula. Kulit berminyak biasanya memantulkan lebih banyak cahaya karena permukaannya licin dan mengkilap (Juliyanti, 2023).

3. ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang memiliki konektivitas Wifi dan bluetooth, serta dilengkapi dengan prosesor yang kuat dan berbagai fitur pendukung untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT) (Wang et al., 2020). Dalam proyek ini, ESP32 dipilih karena kemampuannya mengolah data

sensor cahaya (seperti TSL2561), menampilkan hasil pada layar OLED melalui protokol I2C, serta mendukung multitasking berkat arsitektur dual-core-nya. Kemudahan pemrograman melalui Arduino IDE dan dukungan fitur hemat daya juga menjadi keunggulan tambahan.

4. LED putih

LED putih digunakan sebagai sumber pencahayaan tetap yang menyinari permukaan kulit saat pengukuran (Komuro et al., 2021). Pemilihan LED putih didasarkan pada spektrum cahayanya yang luas dan menyerupai cahaya alami, sehingga mampu menghasilkan pantulan yang lebih representatif dari berbagai jenis permukaan kulit. Spektrum ini mencakup hampir seluruh rentang cahaya tampak, yang sangat ideal untuk mendukung akurasi pengukuran intensitas cahaya oleh sensor TSL2561.

5. Sensor Cahaya TSL2561

Sensor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya tampak (lux) yang dipantulkan dari kulit wajah, dengan LED putih sebagai sumber cahaya konstan guna menjaga konsistensi pengukuran. Berdasarkan nilai lux yang terdeteksi, sistem mengklasifikasikan tipe kulit yaitu, kulit kering (<100 lux), normal (100–300 lux), dan berminyak (>300 lux). Ambang batas ini ditetapkan dari hasil studi reflektansi kulit, yang menunjukkan bahwa kulit berminyak cenderung lebih reflektif, sedangkan kulit kering lebih menyerap cahaya (Gitlina et al., 2020)..

6. Layar OLED

Layar OLED merupakan jenis tampilan yang menggunakan dioda organik pemancar cahaya untuk menampilkan informasi tanpa memerlukan lampu latar (Husain et al., 2024). Dalam proyek ini, OLED dimanfaatkan sebagai media output utama untuk menampilkan hasil klasifikasi tipe kulit wajah yang diperoleh dari pengolahan data sensor cahaya TSL2561. Informasi yang ditampilkan berupa kategori kulit (kering, normal, atau berminyak), yang secara *real-time* ditampilkan ke layar setelah proses pengukuran selesai.

7. Saklar

Saklar adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik dalam rangkaian (Setiawan, 2022). Dalam proyek ini, digunakan jenis saklar tekan berukuran kecil atau dikenal sebagai *tactile switch*, yang hanya mengalirkan arus saat ditekan dan otomatis kembali terputus ketika dilepas.

8. Resistor 220 Ohm

Resistor 220 Ω digunakan untuk membatasi arus listrik yang mengalir ke LED agar tidak terlalu besar (Mutiarani & Ritonga, 2025). Fungsi resistor ini sangat penting dalam menjaga kestabilan kerja LED, karena tanpa pembatas arus, LED berisiko menerima tegangan melebihi batas toleransinya, yang dapat menyebabkan penurunan umur pakai atau bahkan kerusakan permanen.

9. *Casing* atau Pelindung

Casing merupakan pelindung luar perangkat yang berfungsi untuk melindungi komponen internal, memberikan bentuk ergonomis, serta mempermudah pengguna dalam mengoperasikan alat (Dhawale, 2022). Dalam proyek ini, *casing* dirancang menggunakan teknologi pencetakan 3D (*3D printing*), karena metode ini memungkinkan pencetakan bentuk *casing* yang presisi dan disesuaikan dengan kebutuhan fungsional serta estetika perangkat.

10. PCB

PCB adalah papan sirkuit yang digunakan untuk menghubungkan ESP32, LED, sensor, layar OLED, dan modul lainnya dalam satu sirkuit (Shamkhalichenar et al., 2020). Penggunaan PCB memberikan keunggulan signifikan dibandingkan rangkaian yang dirakit menggunakan kabel jumper, karena mampu mengurangi risiko kesalahan koneksi, meningkatkan kestabilan rangkaian, serta mempercepat proses perakitan.

11. Sekrup

Sekrup merupakan pengencang mekanis berukuran kecil yang digunakan untuk menahan PCB tetap pada posisinya di dalam casing (Yan et al., 2024). Dalam konteks proyek ini, sekrup digunakan secara khusus untuk menahan papan sirkuit cetak (PCB) agar tetap berada pada posisinya di dalam casing perangkat.

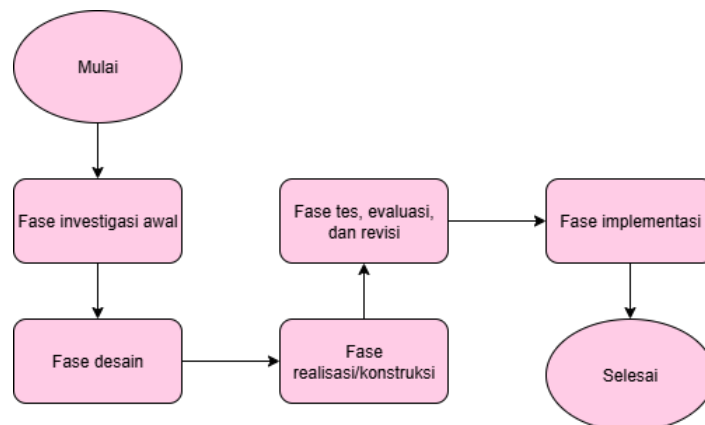
12. Micro USB

Kabel USB *Micro* merupakan salah satu jenis konektor USB berukuran kecil yang dirancang untuk menghubungkan perangkat elektronik portabel dengan komputer atau sumber daya eksternal (Awalia et al., 2023).

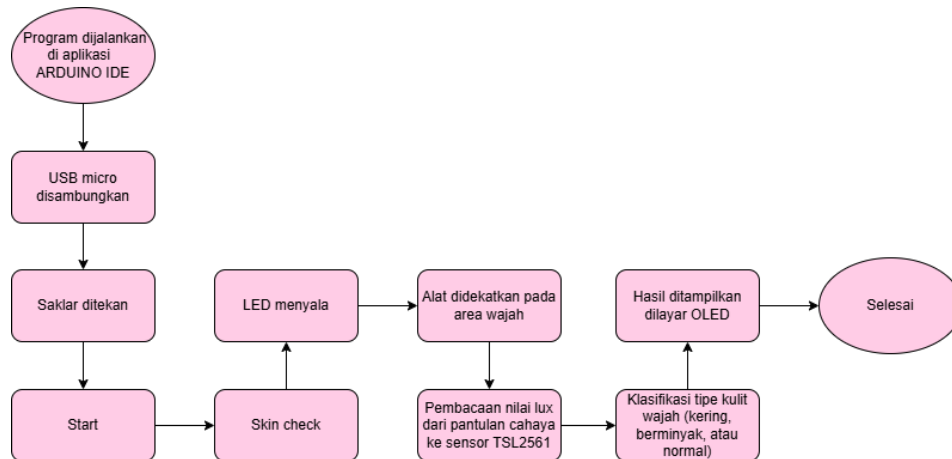
C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan teknik (*engineering design approach*) yang berfokus pada proses pengembangan produk berbasis teknologi secara sistematis dan terstruktur. Pendekatan ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, merancang sebuah alat pendeteksi tipe kulit wajah yang praktis, portabel, dan mudah digunakan. Pendekatan ini juga mempertimbangkan faktor efisiensi dan keandalan alat dalam kondisi penggunaan nyata, sehingga proses pengembangan tidak hanya fokus pada aspek teknis, tetapi juga memperhatikan kemudahan operasional oleh pengguna umum.

Proses pengembangan alat pendeteksi tipe kulit wajah berbasis ESP32 dan sensor cahaya TSL2561 dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur untuk memastikan semua elemen alat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Prosedur ini dibagi dalam beberapa fase, mulai dari perencanaan hingga implementasi alat di dunia nyata. Adapun prosedur pengembangan alat dan logika program disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Flowchart Prosedur Pengembangan

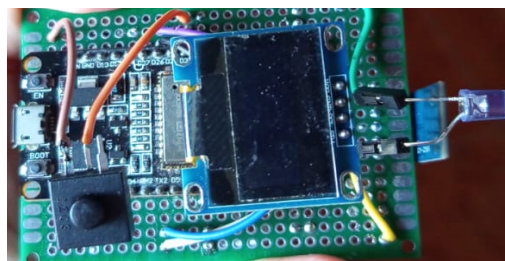


Gambar 2. Flowchart Logika program

Metode uji coba yang digunakan dalam pengujian alat ini adalah metode eksperimen langsung dengan pendekatan komparatif sederhana. Alat diuji dengan mengukur intensitas cahaya pantulan dari permukaan kulit wajah subjek dalam satuan lux untuk mengklasifikasikan jenis kulit yang kategorinya normal, kering atau berminyak.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat yang berhasil dikembangkan merupakan sistem deteksi tipe kulit wajah berbasis mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi sensor cahaya TSL2561. Sistem ini mampu mengidentifikasi tipe kulit kering, normal, dan berminyak berdasarkan tingkat pantulan cahaya dari permukaan kulit wajah. Data hasil klasifikasi ditampilkan melalui layar OLED 0,92 inci.



Gambar 3. Komponen Produk yang Sudah Terpasang

Gambar 3 menggambarkan kondisi awal perangkat saat seluruh komponen elektronik masih terpasang secara terbuka di atas papan PCB tanpa pelindung atau *casing*. Pada tahap ini, rangkaian belum dilengkapi dengan wadah atau penutup yang melindungi komponen dari gangguan luar seperti debu, tekanan fisik, atau kelembapan. Semua elemen seperti mikrokontroler, sensor, LED, dan layar OLED tampak jelas dan mudah diakses, sehingga memudahkan proses pengujian awal dan perbaikan jika terjadi kesalahan rangkaian. Namun, kondisi terbuka ini belum ideal untuk penggunaan akhir karena rentan terhadap kerusakan dan tidak mendukung aspek portabilitas serta keamanan perangkat secara keseluruhan.



Gambar 4. Tampilan Fisik Produk yang Sudah Terpasang Pelindung

Gambar 4 menunjukkan tampilan fisik perangkat setelah seluruh komponen elektronik dipasang ke dalam pelindung atau *casing*. Pelindung ini dirancang untuk menutup dan melindungi papan rangkaian (PCB) beserta komponen seperti mikrokontroler, sensor cahaya, LED, dan layar OLED, dari gangguan lingkungan luar seperti debu, tekanan, dan kelembapan. Selain meningkatkan keamanan dan ketahanan perangkat, pemasangan casing juga memberikan kesan lebih rapi, portabel, dan siap untuk digunakan secara praktis oleh pengguna. Desain pelindung disesuaikan agar tetap memberikan akses visual terhadap layar OLED dan jalur cahaya dari sensor serta LED, tanpa mengganggu fungsi utama alat.

Alat ini memiliki beberapa fitur unggulan yang mendukung kemudahan penggunaan, yaitu:

1. Tombol tunggal untuk aktivasi sistem, memungkinkan pengoperasian alat secara praktis dan efisien.
2. LED putih sebagai pencahayaan internal tetap, memberikan intensitas cahaya yang stabil untuk hasil deteksi yang konsisten.
3. Layar OLED sebagai tampilan hasil, menyajikan informasi klasifikasi kulit secara langsung, real-time, dan mudah dibaca oleh pengguna.

Pengujian dilakukan pada tiga orang subjek yang mewakili tipe kulit berbeda. Pengukuran dilakukan di area dahi dengan pencahayaan tetap dari LED internal. Hasil klasifikasi ditampilkan langsung dalam bentuk kategori di OLED. Berikut data hasil uji pada tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Uji Coba

No	Nama subjek	Hasil
1.	Vivi	Berminyak, > 300 lux
2.	Yudha	Berminyak, > 300 lux
3.	Nindi	Berminyak, > 300 lux
4.	Iska	Berminyak, > 300 lux
5.	Putri	Kering, < 100 lux
6.	Anggi	Berminyak, > 300 lux
7.	Mea	Berminyak, > 300 lux
8.	Laila	Normal, 100 – 300 lux
9.	Krisna	Berminyak, > 300 lux
10.	Lukman	Normal, 100 – 300 lux
11.	Nuril	Berminyak, > 300 lux
12.	Ahmad	Berminyak, > 300 lux
13.	Ridho	Berminyak, > 300 lux
14.	Dwi	Nomal, 100 – 300 lux
15.	Ary	Berminyak, > 300 lux
16.	Anita	Berminyak, > 300 lux
17.	Yuris	Berminyak, > 300 lux
18.	Arinda	Berminyak, > 300 lux
19.	Shaura	Berminyak, > 300 lux
20.	Rahul	Berminyak, > 300 lux
21.	Amelia	Berminyak, > 300 lux
22.	Aldi	Normal, 100 – 300 lux
23.	Kabib	Berminyak, > 300 lux
24.	Alfian	Berminyak, > 300 lux
25.	Rio	Normal, 100 – 300 lux
26.	Dafa	Normal, 100 – 300 lux
27.	Sofy	Berminyak, > 300 lux
28.	Riana	Kering, < 100 lux
29.	Riki	Normal, 100 – 300 lux
30.	Riski	Berminyak, > 300 lux

Berdasarkan hasil uji coba terhadap 30 subjek, diperoleh sebaran klasifikasi sebagai berikut:

- a. Kulit berminyak : 21 subjek (70%)
- b. Kulit normal : 7 subjek (23,33%)
- c. Kulit kering : 2 subjek (6,67%)

Distribusi ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan klasifikasi secara tepat berdasarkan pantulan cahaya yang dibaca oleh sensor. Selain itu, hasil klasifikasi konsisten dengan observasi manual yang dilakukan oleh penguji, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki tingkat keakuratan tinggi dalam kondisi pencahayaan yang terkontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian Heryanto et al., (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan sensor sebagai alat bantu identifikasi kulit wajah menjadi solusi yang lebih objektif dan praktis. Dimana alat ini mampu mendeteksi jenis kulit seperti alat yang telah dikembangkan oleh As'ary et al., (2022) meskipun dengan sistem yang berbeda namun memiliki akurasi yang sama.

E. Kesimpulan dan Saran

Alat pendeteksi tipe kulit wajah berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor cahaya TSL2561 yang telah dikembangkan menunjukkan kinerja yang baik dalam mengklasifikasikan kulit wajah ke dalam tiga kategori utama, yaitu kering, normal, dan berminyak. Sistem ini bekerja dengan mengukur intensitas pantulan cahaya dari permukaan kulit yang diterangi oleh LED putih sebagai sumber cahaya tetap. Proses deteksi dilakukan secara otomatis, dipicu oleh satu tombol, dan hasil klasifikasinya ditampilkan secara langsung melalui layar OLED. Hasil pengujian pada 30 partisipan menunjukkan akurasi yang tinggi dan konsisten dengan observasi manual, sehingga alat dinilai layak sebagai prototipe awal yang praktis, higienis, serta mudah digunakan. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar alat diuji dalam berbagai kondisi pencahayaan guna mengukur ketahanannya terhadap variasi lingkungan. Selain itu, integrasi dengan konektivitas nirkabel seperti Bluetooth atau Wi-Fi dapat menambah fungsionalitas, memungkinkan penyimpanan dan pemantauan data secara digital. Penggunaan casing ergonomis dan bahan yang lebih tahan lama juga dapat meningkatkan kenyamanan dan keamanan penggunaan. Penggabungan teknologi kecerdasan buatan (AI) ke dalam sistem pengolahan data juga menjadi potensi pengembangan yang menjanjikan dalam meningkatkan akurasi dan personalisasi klasifikasi kulit di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D. A. (2024). Klasifikasi Citra Jenis Kulit Wajah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) Resnet-50. *Jurnal Riset Sistem Informasi*, 1(3), 01-07.
- As' ary, M. H., Ginting, R. I., & Suryanata, M. G. (2022). Mengidentifikasi jenis kulit wajah dalam pemilihan produk skin care menggunakan metode certainty factor. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 1(3), 139-148.
- Awalia, A., Rosiana, E., Sasongkojati, B., & Aribowo, D. (2023). Analisis Kinerja Transfer Data pada Universal Serial Bus (USB) Type A to C dan Type C to C. *sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(4), 159-166.
- Dhawale, N. M., Ghewade, D. V., Patil, S. S., Gangatirkar, R. S., & Inamdar, N. A. (2022). An application of 3D printing technology for rapid prototyping of an IoT enabled sensor enclosure. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 11, 1178-1185.
- Gitlina, Y., Guarnera, G. C., Dhillon, D. S., Hansen, J., Lattas, A., Pai, D., & Ghosh, A. (2020, July). Practical measurement and reconstruction of spectral skin reflectance. In *Computer graphics forum* (Vol. 39, No. 4, pp. 75-89).
- Heryanto, M. A., Juananta, D., Sadanareswari, A., & Wulandari, S. A. (2023). Klasifikasi Jenis Kulit Wajah menggunakan Backpropagation Neural Networks Berbasis GLCM. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(3), 705.
- Husain, N. P., Fazza, F. E., & Baco, S. (2024). Troubleshooting. *IKAPI: Ikatan Penerbit Indonesia*.
- Juliyanti, J. (2023). Dermoskopi. *Jurnal Pandu Husada*, 4(2), 58-78.
- Komuro, N., Hashiguchi, T., Hirai, K., & Ichikawa, M. (2021). Predicting individual emotion from perception-based non-contact sensor big data. *Scientific reports*, 11(1), 2317.
- Mutiarani, M., & Ritonga, R. R. (2025). IoT LED Control System Implementation and Optimization Using Wi-Fi Through a Telegram Bot. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, 4(1), 10-20.
- Rahmi, N. A., & Nurcahyo, G. W. (2021). Sistem Pakar dalam Membandingkan Metode Forward Chaining dengan Certainty Factor untuk Mengidentifikasi Jenis Kulit Wajah. *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi*, 257-262.
- Setiawan, T. (2022). Perancangan Dan Pembuatan Prototipe Saklar Dengan Modul Timer Otomatis Menggunakan 3d Print. *Universitas Islam Indonesia*.

- Shamkhalichenar, H., Bueche, C. J., & Choi, J. W. (2020). Printed circuit board (PCB) technology for electrochemical sensors and sensing platforms. *Biosensors*, *10*(11), 159.
- Wang, J., Meneses, E., & Wanderley, M. (2020). The scalability of WiFi for mobile embedded sensor interfaces. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 73-76).
- Yan, Z., Li, J., Zhang, Z., & Peng, H. (2024, May). SolderlessPCB: Reusing electronic components in PCB prototyping through detachable 3D printed housings. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-17).