

Skinmatch: Rekomendasi Warna Pakaian Berdasarkan Undertone Kulit Menggunakan Pengolahan Citra Digital

Lastri Elisabet Butarbutar¹, Viviolda Farmawaty Tambunan², Sherly Davina³, Hermawan Syahputra⁴

^{1,2,3,4}Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alama, Universitas Negeri Medan

¹triibutarbutar05@gmail.com, ²vivioldafarmawaty@gmail.com *, ³sherlydavinaa@gmail.com, ⁴hsyahputra@unimed.ac.id

Abstract

Skin color and undertone are crucial factors in selecting suitable clothing colors; however, manual detection of undertones is often subjective and influenced by lighting conditions. This issue motivates the development of an image processing-based system to automatically identify skin undertones. This study aims to design and implement the SkinMatch application, capable of detecting three undertone categories (warm, cool, and neutral) and providing recommendations for appropriate clothing color palettes. The methods employed include converting images from the RGB color space to HSV and LAB, histogram analysis, and color spectrum matching with reference data. Testing was conducted on 10 respondents with diverse skin types, where each respondent uploaded or captured images directly through the application's camera and evaluated the recommendation results. The test results showed that the system successfully classified 6 respondents as warm undertone and 4 respondents as cool undertone. Based on subjective assessments, 90% of respondents stated that the recommended clothing colors matched their skin conditions well. The study concludes that the HSV and LAB-based algorithm can consistently detect undertones across variations in lighting, skin color, and image backgrounds, making it a promising tool for fashion technology platforms to enhance user experience.

Keywords: skinmatch, skin tone, digital image, HSV and LAB, fashion recommendation

Abstrak

Warna kulit dan undertone merupakan faktor penting dalam pemilihan warna pakaian yang sesuai, namun deteksi undertone secara manual seringkali subjektif dan dipengaruhi pencahayaan. Permasalahan ini mendorong pengembangan sistem berbasis pengolahan citra untuk mengidentifikasi undertone kulit secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan aplikasi *SkinMatch* yang mampu mendeteksi tiga kategori undertone (warm, cool, dan neutral) serta memberikan rekomendasi palet warna pakaian yang sesuai. Metode yang digunakan mencakup konversi citra dari ruang warna RGB ke HSV dan LAB, analisis histogram, serta pencocokan spektrum warna dengan data referensi. Pengujian dilakukan terhadap 10 responden dengan beragam jenis kulit, di mana setiap responden mengunggah atau mengambil gambar langsung melalui kamera aplikasi dan memberikan penilaian terhadap hasil rekomendasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengklasifikasikan 6 responden pada kategori warm dan 4 responden pada kategori cool. Berdasarkan penilaian subjektif, sebanyak 90% responden menyatakan rekomendasi warna pakaian sesuai dengan kondisi kulit mereka. Kesimpulan penelitian ini adalah algoritma berbasis HSV dan LAB mampu menghasilkan deteksi undertone yang konsisten pada variasi pencahayaan, warna kulit, dan latar belakang gambar, sehingga berpotensi diaplikasikan pada platform fashion technology untuk meningkatkan pengalaman pengguna.

Kata kunci: *skinmatch, warna kulit, citra digital, HSV dan LAB, rekomendasi fashion*

©This work is licensed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

1. Pendahuluan

Penampilan dan fashion telah menjadi bagian penting dalam mengekspresikan identitas serta meningkatkan rasa percaya diri, terutama di kalangan perempuan dan generasi muda. Salah satu elemen kunci dalam dunia fashion adalah pemilihan warna pakaian yang sesuai dengan warna dasar kulit atau undertone, karena kesalahan dalam memilih warna dapat membuat kulit terlihat kusam dan menurunkan kepercayaan diri [1]. Undertone kulit adalah karakteristik warna dasar kulit yang tidak berubah meskipun permukaan kulit mengalami perubahan warna. Umumnya terbagi ke dalam tiga kategori utama, yaitu warm, cool, dan neutral [2].

Pemahaman terhadap undertone sangat penting dalam menentukan warna pakaian, riasan wajah, dan aksesoris yang sesuai. Metode tradisional yang sering digunakan untuk mengenali undertone adalah dengan mengamati warna urat nadi, namun pendekatan ini bersifat subjektif dan tidak selalu akurat [3][4]. Dalam kenyataannya, banyak individu merasa kesulitan menentukan warna yang cocok dengan warna kulit mereka, bahkan kalangan profesional seperti make-up artist pun masih dapat melakukan kesalahan dalam pemilihan shade make-up karena kurang tepat dalam mengenali undertone [4].

Seiring berkembangnya teknologi informasi, khususnya di bidang pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan, berbagai solusi otomatis dan

objektif mulai dikembangkan untuk membantu pengenalan warna kulit secara lebih presisi. Penggunaan teknik image processing memungkinkan sistem untuk mendeteksi warna kulit melalui konversi ke berbagai model warna seperti RGB, HSV, LAB, dan YCbCr [5][6]. Selain itu, pendekatan berbasis deep learning seperti Convolutional Neural Network (CNN) juga telah menunjukkan efektivitas tinggi dalam klasifikasi citra dan deteksi warna kulit [3][7].

Di sisi lain, dalam industri fashion modern, sistem rekomendasi menjadi elemen penting dalam menyaring pilihan produk dan memberikan saran yang sesuai berdasarkan preferensi pengguna [8]. Sistem ini berperan dalam meningkatkan pengalaman pengguna sekaligus efisiensi produksi dan pemasaran dalam industri pakaian [9]. Pendekatan berbasis content-based filtering, yang mempertimbangkan atribut seperti warna kulit dan model pakaian, menjadi metode yang banyak diadopsi dalam pengembangan sistem rekomendasi fashion [8][10].

Melihat permasalahan dan peluang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *SkinMatch* yang menggabungkan kecanggihan teknologi pengolahan citra digital dengan model warna HSV dan LAB untuk secara otomatis mengidentifikasi undertone kulit serta memberikan rekomendasi warna pakaian yang sesuai melalui antarmuka pengguna yang interaktif dan mudah digunakan.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

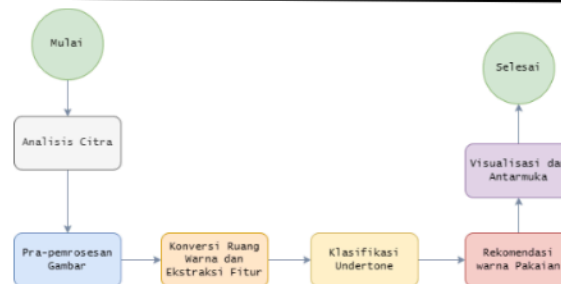
Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian terapan (*applied research*) yang memanfaatkan teknik pengolahan citra digital untuk mengembangkan sistem pendeteksi undertone kulit dan rekomendasi warna pakaian. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif dan deskriptif, dengan uji coba sistem terhadap sejumlah sampel pengguna untuk menilai efektivitas dan akurasinya.

2.2 Alat dan Bahan

- 1) Bahasa Pemrograman: Python
- 2) Pustaka utama: OpenCV, NumPy, Pillow, Matplotlib, Tkinter
- 3) Perangkat keras: Laptop dengan webcam internal
- 4) Dataset: Gambar wajah pengguna dan influencer yang telah diuji undertonanya oleh ahli

2.3 Prosedur Penelitian

Metode penelitian ini mencakup beberapa tahapan utama, yang divisualisasikan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

2.3.1. Akuisisi Citra

Akurasi citra wajah dilakukan dengan dua metode, yaitu pengambilan gambar secara real-time melalui kamera laptop menggunakan OpenCV serta pengunggahan gambar wajah dari perangkat lokal pengguna.

2.3.2. Pra-pemrosesan Gambar

Citra wajah yang diperoleh kemudian melalui proses pra-pemrosesan, yaitu konversi ke grayscale sebagai bentuk normalisasi awal untuk mengurangi efek pencahayaan, serta deteksi wajah menggunakan Haar Cascade Classifier guna mengisolasi area wajah dan menentukan Region of Interest (ROI).

2.3.3 Konversi Ruang Warna dan Ekstraksi Fitur

ROI yang telah ditentukan dikonversi ke dua ruang warna, yaitu HSV (*Hue, Saturation, Value*) untuk mendeteksi rona, intensitas, dan kecerahan warna kulit[11]. CIELAB (*Lightness, a, b*)** untuk merepresentasikan persepsi warna berdasarkan dimensi merah-hijau dan biru-kuning[12]. Setelah konversi, sistem menghitung nilai rata-rata dari kanal H, S, V, a*, dan b* untuk digunakan sebagai parameter klasifikasi undertone.

2.3.4 Klasifikasi Undertone

Undertone kulit diklasifikasikan menjadi tiga kategori: Warm, Cool, dan Neutral. Logika klasifikasi didasarkan pada nilai ambang (threshold) tertentu dari HSV dan LAB:

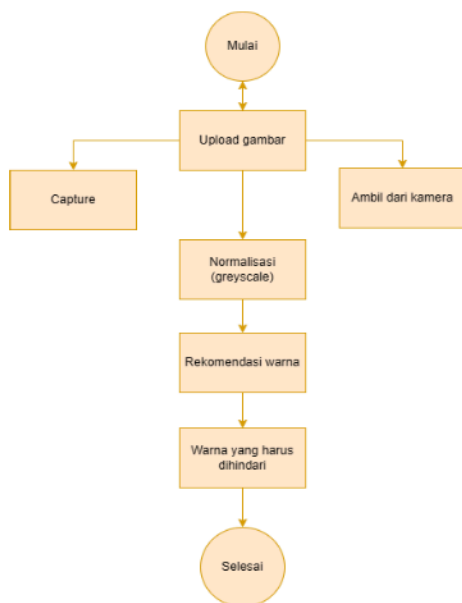
- 1) Neutral: Saturation rendah (< 40) dan Value tinggi (> 150); atau a^* dan b^* berada pada rentang tengah.
- 2) Warm: $Hue < 20$ atau > 150 ; atau nilai a^* dan b^* tinggi (merah dan kuning dominan).
- 3) Cool: Hue antara 20–150 dengan Saturation sedang; atau nilai a^* dan b^* rendah (hijau dan biru dominan).

Jika hasil dari kedua model mendukung kategori yang sama, maka hasil dikonfirmasi. Jika berbeda, sistem mengutamakan hasil HSV sebagai baseline.

2.3.5 Rekomendasi Warna Pakaian

Berdasarkan klasifikasi undertone, sistem menampilkan palet warna pakaian yang disarankan dan warna yang sebaiknya dihindari. Palet warna disusun berdasarkan teori warna dan prinsip harmoni visual dalam fashion.

2.3.6 Visualisasi dan Antarmuka



Gambar 2. Alur Kerja Penelitian

Sistem menampilkan:

- 1) Perbandingan gambar asli dan hasil normalisasi (grayscale).
- 2) Histogram warna dalam format RGB dan HSV.
- 3) Hasil klasifikasi undertone dan rekomendasi warna.

Semua fitur ditampilkan dalam antarmuka GUI berbasis Tkinter.

2.3.7 Uji Coba Sistem

Uji coba dilakukan terhadap 10 gambar wajah (5 gambar influencer dan 5 gambar responden). Output sistem dibandingkan dengan hasil analisis profesional dan penilaian subjektif pengguna terhadap kesesuaian rekomendasi warna pakaian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Implementasi Sistem Deteksi Undertone Kulit

Pada penelitian ini, sistem *SkinMatch* dirancang untuk merekomendasikan warna pakaian berdasarkan undertone kulit pengguna. Proses ini diawali dengan pengambilan gambar secara real-time melalui kamera atau unggahan gambar dari perangkat. Setelah gambar diambil, dilakukan proses pra pengolahan berupa konversi gambar ke dalam skala keabuan (grayscale) sebagai bagian dari proses normalisasi untuk meningkatkan konsistensi pencahayaan serta mengurangi noise visual. Selanjutnya, sistem melakukan analisis citra menggunakan dua model ruang warna, yaitu HSV (Hue, Saturation, Value) dan LAB (Lightness, a, b)**. Pemanfaatan dua model warna ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi dalam pendeteksian undertone kulit.

3.2 Analisis Berdasarkan Model Warna HSV

Model warna HSV memungkinkan analisis terhadap rona warna (Hue), intensitas warna (Saturation), dan tingkat kecerahan (Value). Gambar dikonversi ke format HSV, kemudian dilakukan deteksi wajah menggunakan Haar Cascade Classifier untuk mengisolasi area wajah pengguna. Sistem memfokuskan analisis pada area tengah wajah yang paling representatif.

Berikut adalah kriteria klasifikasi berdasarkan nilai HSV:

- 1) Neutral: Jika rata-rata saturation rendah (<40) dan value tinggi (>150), maka kulit dikategorikan netral karena warna tampak terang tanpa saturasi mencolok.
- 2) Warm: jika hue rata-rata berada dibawah 20 atau diatas 150, yang menunjukkan warna kemerahan, kuning, atau oranye.
- 3) Cool: Jika tidak memenuhi kedua kriteria diatas, maka diasumsikan kulit memiliki rona lebih kebiruan atau kehijauan.

3.3 Analisis Berdasarkan Model Warna LAB

Model warna LAB merupakan model persepsi warna manusia yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu L (Lightness): tingkat kecerahan, a*: spektrum hijau (-) ke merah (+) dan, b*: spektrum biru (-) ke kuning (+). Setelah area wajah diubah menjadi ruang warna LAB, sistem menghitung rata-rata nilai kanal a* dan b*, Kriteria klasifikasi undertone berdasarkan LAB dalam sistem adalah sebagai berikut:

- 1) Cool Undertone: Jika nilai a* rendah (cenderung negatif/hijau) dan b* juga rendah (mendekati biru), maka sistem mengasumsikan warna kulit dingin.
- 2) Warm Undertone: Jika nilai a* tinggi (merah) dan b* tinggi (kuning), maka sulit diklasifikasikan hangat.
- 3) Neutral Undertone: Jika nilai a* dan b* berada di kisaran tengah (tidak dominan ke arah manapun), maka kulit dinyatakan netral.

Dengan menggabungkan hasil dari kedua model (HSV dan LAB), sistem melakukan ensemble classification sederhana menggunakan logika mayoritas atau penguatan jika kedua hasil sama.

3.4 Rekomendasi Warna Pakaian Berdasarkan Undertone

Berdasarkan hasil klasifikasi undertone, sistem memberikan rekomendasi warna pakaian melalui antarmuka GUI. Warna-warna yang direkomendasikan disusun dalam palet untuk masing-masing kategori undertone:

- 1) Cool: *Icy White, Cool Beige, Misty Taupe, Ash brown, Plum, Wine, Berry Pink, Bright Fuschia, Bubblegum Pink, Cool Coral, Sky Blue, Powder Blue, Slate Blue, Indigo, Lavender, Cool Mint, Steel Blue, Deep Teal, Cool Navy, Soft Violet.*



Gambar 3. Rekomendasi Warna dan Warna yang Sebaiknya Dihindari untuk Cool Undertone

2) *Warm: Ivory White, Sand Beige, Khaki Tan, Soft Brown, Dark Chocolate, Rust Brown, Tomato Red, Tangerine Orange, Peach Pink, Light Coral, Goldenrod, Apricot Orange, Canary Yellow, Avocado Green, Emerald Green, Aqua Teal, Turquoise Navy, Amber Blue, Royal Blue, Warm Plum.*



Gambar 4. Rekomendasi Warna dan Warna yang Sebaiknya Dihindari untuk Warm Undertone

3) *Neutral: Off White, Bone, Taupe, Greige, Charcoal, Stone, Neutral Red, Muter Burgundy, Blush Pink, Warm Taupe, Neutral Yellow, Warm Cream, Earth Brown, Olive, Dusty Rose, Neutral Blue, Soft Moss, Slate Grey, Muted Navy, Deep Mauve.*



Gambar 5. Rekomendasi Warna dan Warna yang Sebaiknya Dihindari untuk Neutral Undertone

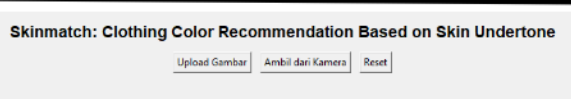
Selain itu, sistem juga menyarankan warna yang sebaiknya dihindari untuk masing-masing undertone guna menghindari ketidaksesuaian visual.

3.5 Visualisasi Histogram RGB dan HSV

Untuk memberikan informasi tambahan kepada pengguna, sistem menampilkan histogram warna dalam format RGB dan HSV. Histogram ini menunjukkan distribusi intensitas warna dan dapat membantu memverifikasi area dominan warna pada wajah. Histogram RGB membantu melihat keseimbangan warna dasar, sedangkan histogram HSV memberikan wawasan lebih dalam terhadap karakteristik warna kulit.

3.6 Penggunaan GUI Interaktif

Aplikasi *SkinMatch* dibangun menggunakan pustaka Tkinter, dengan tampilan antarmuka yang intuitif. Terdapat fitur upload gambar, pengambilan gambar langsung dari kamera, tampilan perbandingan gambar asli dan hasil normalisasi, serta hasil rekomendasi warna pakaian. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan pengguna dan membuat sistem lebih ramah bagi pengguna non-teknis.



Gambar 6. Tampilan Awal GUI



Gambar 7. Perbandingan Gambar Asli dan Gambar Hasil Normalisasi

3.7 Uji Coba Pengguna

Untuk menguji keakuratan dan pengalaman pengguna dalam menggunakan sistem *SkinMatch*, dilakukan serangkaian uji coba terhadap 10 sample gambar dengan beragam warna kulit. Kemudian hasil deteksi undertone kulit dan rekomendasi warna pakaian dicatat.

3.8 Metode Uji Coba

Metode uji coba dilakukan dengan melibatkan sepuluh sampel, yang terdiri dari lima gambar influencer yang sebelumnya telah menggunakan jasa profesional untuk menentukan undertone kulitnya, serta lima gambar wajah responden yang dipilih secara acak. Media input yang digunakan dalam proses ini berupa unggahan gambar wajah melalui antarmuka aplikasi.

Output yang dievaluasi:

- 1) Hasil klasifikasi *undertone* (*cool*, *warm*, atau *neutral*)
- 2) Kesesuaian warna pakaian yang direkomendasikan
- 3) Respon subjektif pengguna terhadap hasil.

3.9 Hasil Uji Coba

Tabel 1. Tabel *Software* dan *Hardware* Pendukung

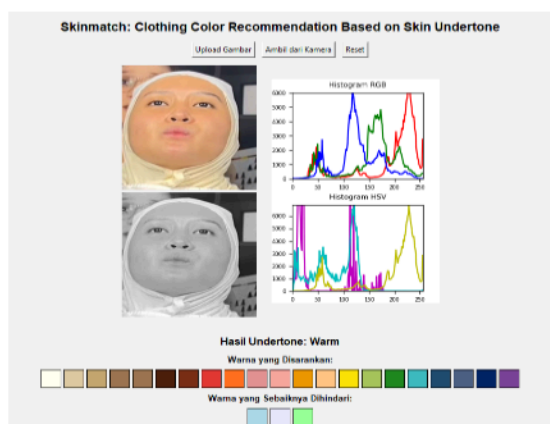
Sampel	Server	Client	Kesesuaian hasil deteksi & rekomendasi (Subjektif)
S1	Upload	Warm	Sesuai
S2	Upload	Cool	Sesuai
S3	Upload	Warm	Sesuai
S4	Upload	Cool	Tidak Sesuai
S5	Upload	Warm	Sesuai
S6	Upload	Cool	Sesuai
S7	Upload	Cool	Sesuai
S8	Upload	Warm	Sesuai
S9	Upload	Warm	Sesuai
S10	Upload	Warm	Sesuai

Sebagai bagian dari evaluasi sistem *SkinMatch*, dilakukan uji coba terhadap 10 sampel gambar wajah responden yang mewakili beragam jenis kulit. Setiap responden diminta untuk mengirimkan gambar wajah mereka yang kemudian kami unggah ke dalam sistem lalu diproses untuk mendeteksi undertone kulit (Warm, Cool, atau Neutral). Setelah mendapatkan hasil deteksi, masing-masing responden juga diminta untuk memberikan penilaian subjektif terhadap rekomendasi warna pakaian yang diberikan oleh sistem, apakah sesuai dengan persepsi dan preferensi pribadi mereka. Hasil deteksi menunjukkan bahwa dari 10 sampel yang diuji, sebanyak 6 (S1, S3, S5, S8, S9, dan S10) sampel terklasifikasi sebagai memiliki undertone warm, sementara 4 sampel (S2, S4, S6 dan S7) diklasifikasi sebagai *cool*.

Berdasarkan tanggapan subjektif dari responden, sebanyak 9 dari 10 orang menyatakan bahwa hasil deteksi undertone dan rekomendasi warna pakaian yang diberikan oleh sistem sesuai dengan kondisi dan preferensi mereka. Ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat keberhasilan yang cukup tinggi dalam memberikan rekomendasi yang relevan. Hanya satu sampel, yakni S4, yang hasil deteksi undertone nya tidak sesuai. Berdasarkan hasil dari ahli profesional, S4 termasuk warm undertone sementara sistem mendeteksi bahwa S4 merupakan warm undertone. Perbedaan ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pencahayaan gambar yang kurang optimal atau sudut pengambilan gambar yang tidak tepat.

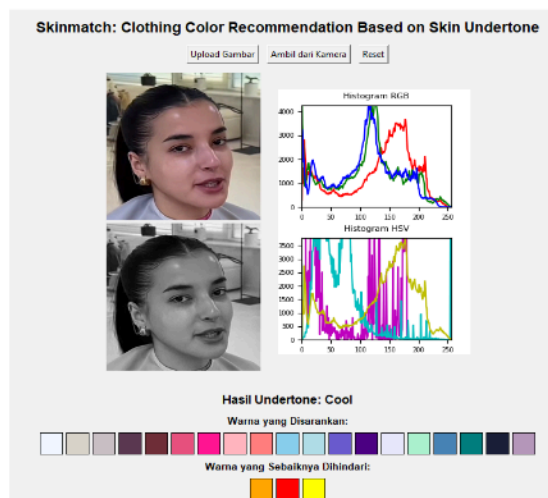
Secara keseluruhan, sistem *SkinMatch* menunjukkan performa yang sangat baik dengan tingkat kepuasan pengguna mencapai 90%. Hal ini menjadi indikator positif bahwa pendekatan yang digunakan yakni pengolahan citra berbasis ruang warna HSV dan LAB mampu menangkap karakteristik warna kulit dengan cukup akurat untuk keperluan personalisasi rekomendasi warna pakaian.

3.10 Tangkapan Layar Sistem



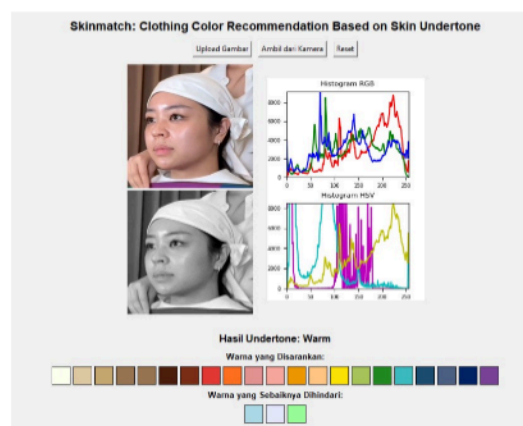
Gambar 8. Hasil Deteksi Menggunakan Sample Gambar Influencer yang Pernah Melakukan Tes Undertone dengan Ahli Profesional

Berbeda dengan sampel pada Gambar 8 yang memiliki hasil deteksi undertone warm, pada Gambar 9 ditampilkan contoh hasil deteksi dengan kategori undertone cool, yang menunjukkan perbedaan spektrum warna dan rekomendasi warna pakaian.



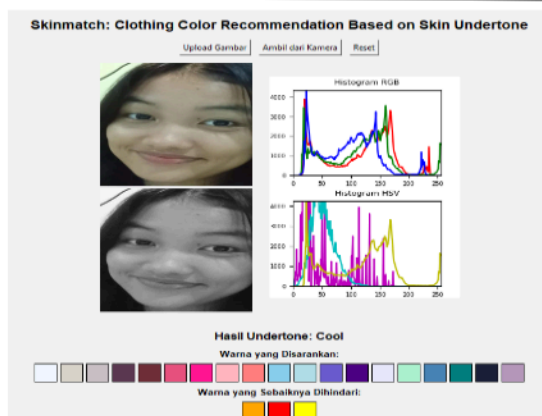
Gambar 9. Hasil Deteksi Menggunakan Sample Gambar Influencer yang Pernah Melakukan Tes Undertone dengan Ahli Profesional

Selanjutnya, Gambar 10 menampilkan sampel lain yang terdeteksi memiliki undertone neutral, dengan distribusi warna yang cenderung seimbang antara komponen merah, hijau, dan biru.



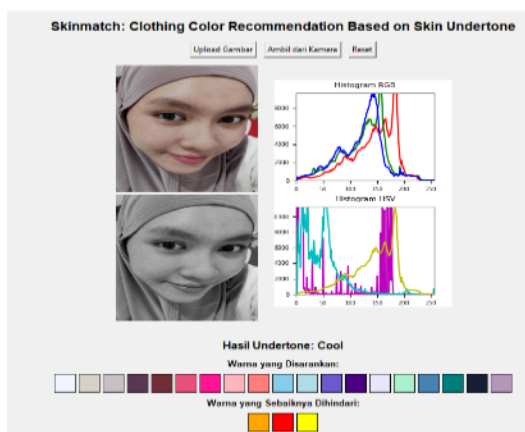
Gambar 10. Hasil Deteksi Menggunakan Sample Gambar Influencer yang Pernah Melakukan Tes Undertone dengan Ahli Profesional

Sementara itu, Gambar 11 menampilkan hasil deteksi pada salah satu responden, untuk menunjukkan penerapan sistem pada pengguna di luar influencer.



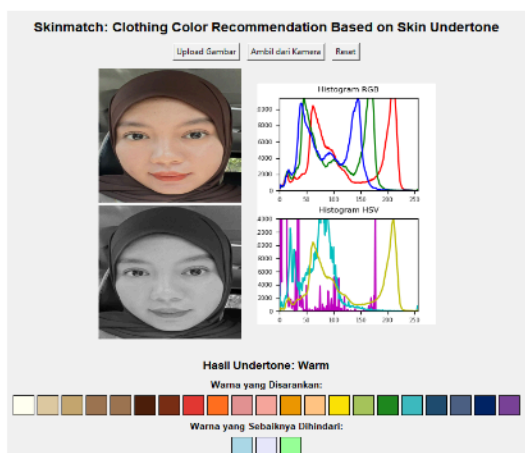
Gambar 11. Hasil Deteksi Menggunakan Sample Gambar Salah Satu Responden

Gambar 12 menampilkan hasil deteksi responden lain, yang memiliki karakteristik warna kulit berbeda sehingga menghasilkan rekomendasi warna pakaian yang berbeda pula.



Gambar 12. Hasil Deteksi Menggunakan Sample Gambar Salah Satu Responden

Terakhir, Gambar 13 memperlihatkan hasil deteksi dari responden tambahan sebagai variasi data uji, untuk memastikan konsistensi kinerja sistem pada berbagai kondisi pencahayaan dan warna kulit.



Gambar 13. Hasil Deteksi Menggunakan Sample Gambar Salah Satu Responden

Berdasarkan hasil deteksi pada Gambar 8 hingga Gambar 13, sistem mampu mengidentifikasi tiga kategori undertone yaitu warm, cool, dan neutral, sesuai dengan kondisi warna kulit masing-masing subjek. Setiap kategori menghasilkan spektrum warna khas pada histogram RGB dan HSV, serta rekomendasi palet warna pakaian yang berbeda. Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma berbasis HSV dan LAB dapat memberikan keluaran yang konsisten pada berbagai variasi pencahayaan, warna kulit, dan latar belakang gambar.

Pengujian dilakukan kepada 10 responden dengan berbagai jenis undertone kulit (warm, cool, neutral). Setiap responden diminta mengunggah foto wajah atau mengambil gambar secara langsung melalui kamera aplikasi, kemudian menilai apakah rekomendasi warna yang diberikan sistem sesuai dengan preferensi dan persepsi pribadi mereka. Berdasarkan hasil kuesioner, sebanyak 9 dari 10 responden (90%) menyatakan bahwa hasil deteksi undertone dan rekomendasi warna pakaian sesuai dengan warna kulit mereka. Persentase ini menjadi dasar pernyataan keberhasilan sistem yang disampaikan pada bagian Kesimpulan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem *SkinMatch* berhasil memadukan pengolahan citra digital dengan model warna HSV dan LAB untuk mendeteksi undertone kulit secara otomatis dan memberikan rekomendasi warna pakaian yang sesuai (Warm, Cool, Neutral) melalui antarmuka GUI yang interaktif. Sistem ini mencapai tingkat keberhasilan 90% dalam deteksi undertone dan rekomendasi warna berdasarkan penilaian subjektif pengguna, serta mampu memproses input gambar dari unggahan maupun kamera real-time. Visualisasi histogram warna RGB dan HSV serta fitur perbandingan gambar asli dan hasil normalisasi menambah kejelasan karakteristik warna kulit. Kombinasi model warna HSV dan LAB meningkatkan akurasi deteksi, sementara palet warna yang disesuaikan membuat *SkinMatch* praktis dan aplikatif untuk personalisasi fashion.

Adapun saran lanjutan untuk penelitian selanjutnya, adalah pada penggunaan model machine learning seperti KNN, SVM, atau CNN dapat diintegrasikan untuk meningkatkan akurasi deteksi undertone berdasarkan citra wajah yang lebih kompleks dan variatif; penyesuaian pencahayaan otomatis (auto-lighting correction) perlu diterapkan agar hasil deteksi lebih konsisten meskipun gambar diambil dalam kondisi pencahayaan berbeda; penambahan fitur rekomendasi produk fashion seperti kerudung, makeup, atau aksesoris yang cocok berdasarkan undertone untuk memperluas manfaat aplikasi; serta uji coba skala besar terhadap populasi dengan rentang warna kulit lebih luas agar sistem lebih representatif dan robust dalam berbagai kondisi demografis.

Daftar Rujukan

- [1] M. Silvana and R. Kurnia, "Sistem Pendeteksian Keserasian Warna Kulit dan Busana Secara Otomatis Untuk Jenis Kelamin Perempuan Berbasis Image Processing," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, p. 18, 2014, doi: 10.25077/jnte.v3n1.51.2014.
- [2] F. Oktaviani and Marsudi, "Perancangan Guidebook Pemilihan Warna Pakaian Berdasarkan Skin Tone Menggunakan Seasonal Color Theory," *Jurnal Barik*, vol. 5, no. 2, pp. 225–237, 2024.
- [3] R. Fayyadhila, A. Junaidi, and N. A. Prasetyo, "Implementasi Deep Learning Untuk Klasifikasi Citra Undertone Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *J. Dinda Data Sci. Inf. Technol. Data Anal.*, vol. 1, no. 2, pp. 52–62, 2021, doi: 10.20895/dinda.v1i2.366.
- [4] S. D. Parameswari, N. A. Prasetyo, and A. Junaidi, "Aplikasi Berbasis Web Deteksi Undertone Menggunakan Metode Agile Untuk Rekomendasi Makeup," *J. Ilm. Media Sisfo*, vol. 16, no. 1, pp. 62–70, 2022, doi: 10.33998/mediasisfo.2022.16.1.1111.
- [5] Y. Apridiansyah, E. D. Putra, D. Diana, and A. C. Pratama, "Segmentasi Warna Kulit Menggunakan Ruang Warna YCBCR Untuk Deteksi Wajah Manusia," *J. Media Infotama*, vol. 19, no. 1, pp. 205–210, 2023, doi: 10.37676/jmi.v19i1.3808.
- [6] S. K. Wildah and S. J. Kuryanti, "Perbaikan Citra Objek Bawah Air Dengan Menggunakan Metode Implementasi White Balancing Dengan Model Grey World (WBGW)" *J. Speed – Sentra Penelit. Eng. dan Edukasi*, vol. 14, no. 3, pp. 75–79, 2022.
- [7] F. W. Prabowo et al., "Deteksi Warna Kulit Menggunakan Metode Deep Learning Dengan Cnn (Convolutional Neural Network) Untuk," vol. 19, no. September, pp. 186–190, 2024.
- [8] R. B. Ekasanjaya and A. T. W. Wibowo, "Sistem Pemberi Rekomendasi Pakaian Menggunakan Metode Content-Based Filtering," vol. 11, no. 4, pp. 5034–5041, 2024.
- [9] M. Ester and A. A. Agus, "Pengaruh Fashion Influencer Terhadap Warna Busana Generasi Z," *J. Econ. Bussines Account.*, vol. 7, no. 1, pp. 1487–1509, 2023, doi: 10.31539/costing.v7i1.6724.
- [10] W. Y. Nugraha and T. Prasetya, "Pencocokan Warna Baju Berdasarkan Warna Kulit Menggunakan Metode Euclidean Distance," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 32–39, 2020.
- [11] M. A. Ridla, "Perbandingan Algoritma Pembelajaran Mesin untuk Klasifikasi Warna Kulit Berdasarkan Warna Piksel Citra," *J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–41, 2022, doi: 10.33379/jusifor.v1i1.1274.
- [12] D. Hernando, A. W. Widodo, and C. Dewi, "Pemanfaatan Fitur Warna dan Fitur Tekstur untuk Klasifikasi Jenis Penggunaan Lahan pada Citra Drone," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 614–621, 2020, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.