

---

## Peningkatan Deteksi Posisi Wajah Manusia dengan Metode Normal PDF berbasis Algoritma Viola-Jones

### **Ricardus Anggi Pramunendar**

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika

Universitas Dian Nuswantoro

Email: [ricardus.anggi@dsn.dinus.ac.id](mailto:ricardus.anggi@dsn.dinus.ac.id)

### **Rama Aria Megantara**

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika

Universitas Dian Nuswantoro

Email: [rama.aria.megantara@dsn.dinus.ac.id](mailto:rama.aria.megantara@dsn.dinus.ac.id)

### **Farrikh Alzami**

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Sistem Informasi

Universitas Dian Nuswantoro

Email: [alzami@dsn.dinus.ac.id](mailto:alzami@dsn.dinus.ac.id)

### **Dwi Puji Prabowo**

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Desain Komunikasi Visual

Universitas Dian Nuswantoro

Email: [dwi.puji.prabowo@dsn.dinus.ac.id](mailto:dwi.puji.prabowo@dsn.dinus.ac.id)

### **Dewi Pergiwati**

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Desain Komunikasi Visual

Universitas Dian Nuswantoro

Email: [dewi.pergiwati@dsn.dinus.ac.id](mailto:dewi.pergiwati@dsn.dinus.ac.id)

### **Daurat Sinaga**

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika

Universitas Dian Nuswantoro

Email: [daurat.sinaga@dsn.dinus.ac.id](mailto:daurat.sinaga@dsn.dinus.ac.id)

### **ABSTRAK**

Deteksi kulit manusia dalam pengolahan citra memiliki peran penting dalam aplikasi seperti analisis gerakan, pencarian citra berbasis konten, interaksi manusia komputer, dan analisis pelacakan gerakan manusia. Meskipun telah banyak penelitian dilakukan dalam deteksi kulit manusia, masih ada kendala yang signifikan yang perlu diatasi, terutama dalam menghadapi variasi warna kulit manusia yang kompleks. Warna kulit manusia dapat bervariasi secara signifikan tergantung pada faktor-faktor seperti etnisitas, pencahayaan, dan kondisi lingkungan, yang membuat deteksi kulit menjadi tantangan yang kompleks. Dalam penelitian ini, diusulkan metode peningkatan kinerja deteksi kulit manusia dengan memanfaatkan algoritma deteksi wajah Viola-Jones untuk menentukan posisi wajah dalam citra. Selain itu, diterapkan juga teknik pemisahan region kasar dan halus pada wajah guna meningkatkan hasil deteksi kulit manusia. Penggunaan Normal PDF digunakan untuk mencari probabilitas piksel kulit dalam citra. Metode yang diusulkan berhasil mencapai tingkat akurasi tinggi, di mana sebagian besar citra uji memiliki akurasi di atas 90%. Meskipun terdapat beberapa citra yang memiliki akurasi lebih rendah dibandingkan metode sebelumnya, secara keseluruhan metode yang diusulkan mampu meningkatkan kinerja deteksi kulit manusia. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi berharga dalam pengembangan metode deteksi kulit manusia yang lebih baik.

**Kata kunci:** deteksi kulit manusia, pengolahan citra, algoritma Viola-Jones, pemisahan region kasar dan halus, normal PDF

### **ABSTRACT**

*The detection of human skin in image processing plays a crucial role in applications such as motion analysis, content-based image retrieval, human-computer interaction, and human motion tracking analysis. Despite extensive research conducted in human skin detection, significant challenges still need to be addressed, particularly in dealing with the complex variations in human skin color. Human skin color can vary significantly depending on ethnicity, lighting, and environmental conditions, making skin detection a complex challenge. In this study, a method for improving the performance of human skin detection is proposed by utilizing the Viola-Jones face detection algorithm to determine the position of faces in the image. Additionally, coarse and fine region separation techniques are applied to the face to enhance the results of human skin detection. Normal PDF finds the probability of skin pixels in the image. The proposed method successfully achieves a high accuracy level, where most test images have an accuracy above 90%. Although some images have lower accuracy than previous methods, overall, the proposed method improves the performance of human skin detection. Therefore, this research contributes to developing better human skin detection methods.*

**Keywords:** *detection of human skin, image processing, Viola-Jones algorithm, separation of coarse and fine regions, normal PDF.*

## 1. PENDAHULUAN

Deteksi kulit manusia memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi pengolahan citra, seperti analisis gesture, content-based image retrieval, interaksi manusia komputer, dan analisis tracking gerakan manusia. Terdapat dua pendekatan utama dalam deteksi kulit manusia, yaitu pendekatan berbasis piksel dan pendekatan berbasis wilayah.

Metode berbasis piksel menggunakan informasi warna dari tingkat piksel, sementara metode berbasis wilayah menggunakan fitur seperti warna, bentuk, atau tekstur dari piksel dan tetangganya. Namun, metode berbasis piksel memiliki tantangan dalam menghadapi variasi warna kulit manusia yang disebabkan oleh perbedaan etnis, pencahayaan, karakteristik kamera, dan kompleksitas latar belakang citra.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi masalah ini. Li, Xue, dan Fan [1] mengembangkan kerangka pembelajaran bertahap yang tangguh untuk segmentasi wilayah kulit dengan akurasi tinggi. Naji, Zainuddin, dan Jalab [2] menggunakan model pengelompokan warna piksel untuk segmentasi kulit. Kakumanu, Makrogiannis, dan Bourbakis [3] melakukan survei tentang pemodelan dan metode deteksi warna kulit.

Vezhnevets, Sazonov, dan Andreeva [4] melakukan survei tentang teknik deteksi warna kulit berbasis piksel. Chang, Ma, dan Tian [5] mengusulkan algoritma deteksi warna kulit berbasis wilayah. Cheddad, Condell, Curran, dan Mc Kevitt [6] mengusulkan ruang warna baru untuk deteksi warna kulit. Zheng, Zhang, dan Wang [7] mengusulkan pendekatan hibrida untuk mendeteksi gambar dewasa di web. Fasel, Fortenberry, dan Movellan [8] mengembangkan kerangka kerja generatif untuk deteksi dan klasifikasi objek secara real-time. Yogarajah, Condell, Curran, McKevitt, dan Cheddad [9] mengusulkan pendekatan ambang dinamis untuk deteksi nada kulit pada citra berwarna.

Tan, Chan, Yogarajah, dan Condell [10] mengusulkan pendekatan fusi untuk deteksi kulit manusia yang efisien. Penelitian dalam bidang ini juga melibatkan konsep data mining [11], metode pengukuran kesepakatan antar-pengamat [12][13], dan algoritma deteksi objek cepat seperti Viola-Jones [14][15].

Dalam penelitian ini, kami akan mengatasi kelemahan metode sebelumnya dengan mengusulkan pendekatan fusi antara model Gaussian dan histogram smoothing 2D untuk deteksi kulit manusia. Kami juga akan menggunakan algoritma Viola-Jones untuk deteksi wajah dalam citra dan teknik voting untuk deteksi kulit manusia pada citra dengan subjek ganda.

Dengan penelitian ini, diharapkan dapat meningkatkan kinerja deteksi kulit manusia, mengatasi variasi warna kulit manusia, dan mengurangi waktu pemrosesan. Peningkatan kinerja akan dibandingkan dengan metode sebelumnya untuk menunjukkan keunggulannya.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dan terdiri dari beberapa tahapan penelitian, yaitu pengumpulan data, pengolahan awal data, metode yang diusulkan, eksperimen dan pengujian metode, serta evaluasi dan validasi hasil.

## 2.1. Pengumpulan Data

Dataset berdasarkan penelitian sebelumnya [9], dengan tujuan mengevaluasi keefektifan usulan yang dibuat dalam melakukan pengujian pada 32 citra ground truth dan 32 citra pengujian disertakan dalam kumpulan data ini. Citra ground truth yang menyertainya terlihat pada Gambar 1. Kumpulan data pengujian terdiri dari 32 foto manusia sendirian dengan latar belakang yang tidak terlalu rumit.



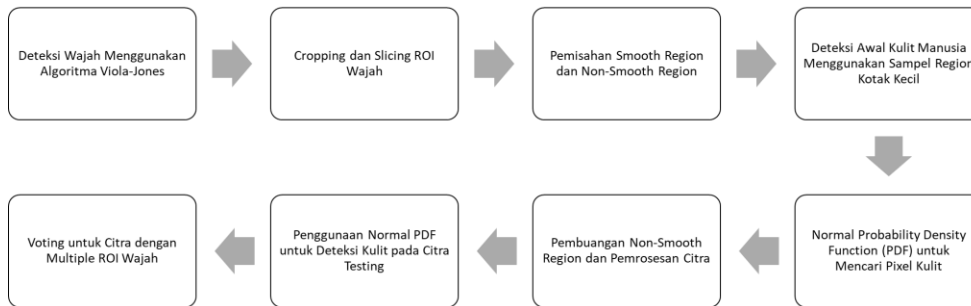
Gambar 1. Citra *ground truth* FacePhoto (32 citra)

## 2.2. Pengolahan Awal Data

Pada tahap pengolahan awal, dilakukan persiapan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Dataset citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pratheepan Yogarajah [9]. Dataset ini terdiri dari 32 citra FacePhoto. Citra dalam folder FacePhoto merupakan citra tunggal subjek manusia dengan latar belakang sederhana. Dengan memperhatikan perbedaan ini, tahap pengolahan awal data dapat dilakukan secara sesuai dengan karakteristik citra dalam masing-masing folder tersebut.

## 2.3. Metode yang Diusulkan

Usulan bertujuan untuk mengatasi kelemahan dan meningkatkan kinerja deteksi kulit manusia pada metode fusion antara gaussian model dan 2D-smoothing histogram yang diusulkan oleh Tan [10]. Metode ini didasarkan pada ide dasar yang sama dengan penelitian sebelumnya, yaitu memanfaatkan informasi kulit pada region wajah untuk menemukan pixel kulit dalam citra. diperlihatkan pada Gambar 3.



**Gambar 2. Usulan Penelitian**

Dari Gambar 2 dijabarkan sebagai berikut:

1. Deteksi wajah menggunakan algoritma Viola-Jones:  
Pada tahap ini, digunakan algoritma deteksi wajah yang diperkenalkan oleh Viola-Jones [14]. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam mendeteksi wajah dengan cepat. Setelah deteksi wajah dilakukan, langkah selanjutnya adalah memotong (*cropping*) dan membagi (*slicing*) ROI wajah.
2. *Cropping* dan *slicing* roi wajah:  
Setelah wajah berhasil terdeteksi, ROI wajah akan dipotong dan dibagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil untuk memfokuskan perhatian pada area wajah yang menjadi objek deteksi, sehingga memudahkan proses pengolahan selanjutnya.
3. Pemisahan *smooth region* dan *non-smooth region*:  
ROI wajah yang telah dipotong akan terdiri dari bagian yang halus (*smooth region*) dan bagian yang kasar (*non-smooth region*). *Smooth region* merupakan bagian dari ROI wajah yang merepresentasikan kulit wajah, sedangkan *non-smooth region* terdiri dari bagian-bagian wajah lainnya seperti mata, mulut, hidung, rambut, dan kontur wajah. Tahap ini bertujuan untuk memisahkan *smooth region* dari *non-smooth region* agar dapat fokus pada bagian yang relevan dalam deteksi kulit.
4. Deteksi awal kulit manusia menggunakan sampel region kotak kecil:  
Pada tahap ini, dilakukan deteksi awal kulit manusia pada ROI wajah dengan menggunakan sampel region kotak kecil. Sampel tersebut berukuran 4% dari luas ROI wajah yang telah terdeteksi, dengan pusat koordinat ROI wajah sebagai referensi. Teknik ini didasarkan pada asumsi bahwa area di sekitar pusat ROI wajah memiliki sedikit *non-smooth region*. Menggunakan normal Probability Density Function (PDF), probabilitas setiap pixel dalam ROI wajah dihitung terhadap sampel kotak kecil. Pixel dengan probabilitas di atas threshold ditandai sebagai *smooth region*, sedangkan pixel di bawah threshold dihapus sebagai *non-smooth region*.  
PDF pada setiap pixel  $x$  dengan mean  $\mu$  dan variance  $\sigma^2$  yang memiliki distribusi normal dapat diperoleh dengan persamaan (1). Dalam persamaan (1), terdapat beberapa konstanta dan parameter yang digunakan dalam penghitungan statistik. Konstanta  $\pi$  (*pi*) memiliki nilai tetap sebesar 3.1416, sementara  $e$  (*exponen*) memiliki nilai konstan sebesar 2.7183. Parameter  $\mu$  merupakan nilai mean dari distribusi populasi yang sedang dihitung. Selanjutnya, parameter  $\sigma$  (standar deviasi atau simpangan baku) digunakan untuk mengukur sejauh mana data tersebar dari nilai rata-rata. Parameter  $\sigma^2$  (*variance*) adalah kuadrat dari standar deviasi dan digunakan sebagai ukuran variasi data dalam distribusi.

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

5. Menentukan Pixel Kulit Normal berdasarkan Normal PDF:  
Tahap ini melibatkan penggunaan normal PDF dalam melakukan penemucan pixel kulit lain yang terdapat dalam ROI wajah. PDF bermanfaat untuk mendapatkan nilai dalam menghitung probabilitas setiap pixel pada citra testing terhadap ROI wajah yang telah dihilangkan *non-smooth region*-nya. Pixel dengan probabilitas di bawah threshold akan dianggap sebagai bukan kulit, sedangkan pixel dengan probabilitas di bawah threshold dianggap sebagai kulit.
6. Pembuangan Non-Smooth Region dan Pemrosesan Citra:  
Memastikan bahwa *non-smooth region* pada ROI wajah telah dibersihkan, dilakukan proses blur dan dithering untuk mengubah citra menjadi tiga warna. Kemudian, warna dengan jumlah pixel paling sedikit dihapus. Hasil dari proses dithering tersebut kemudian diisi (filling) untuk mengisi lubang yang ada pada ROI wajah, sehingga menghasilkan area smooth region yang lebih baik.
7. Penggunaan Normal PDF untuk Deteksi Kulit pada Citra Testing:  
Setelah *non-smooth region* berhasil dihilangkan dari ROI wajah, normal PDF kembali digunakan untuk mencari pixel kulit pada citra testing. Probabilitas setiap pixel dalam citra testing dihitung terhadap ROI wajah yang telah diproses sebelumnya. Pixel dengan probabilitas di atas threshold dianggap sebagai kulit, sedangkan pixel dengan probabilitas di bawah threshold dianggap sebagai bukan kulit.
8. Voting untuk Citra dengan Multiple ROI Wajah:  
Jika dalam sebuah citra terdapat beberapa ROI wajah yang terdeteksi, proses yang sama seperti pada tahap sebelumnya dilakukan untuk setiap ROI wajah tersebut. Namun, hasil dari setiap ROI wajah akan dijumlahkan dalam proses voting. Jika lebih dari  $\frac{1}{4}$  jumlah ROI wajah yang menunjukkan bahwa sebuah pixel adalah kulit, maka pixel tersebut akan diklasifikasikan sebagai kulit.

#### 2.4. Eksperimen dan Pengujian Metode

Pada tahap ini, dilakukan eksperimen dan pengujian metode yang diusulkan. Citra-citra pada dataset testing diuji menggunakan metode yang telah dikembangkan, dan hasilnya dievaluasi untuk mengukur kinerja metode tersebut.

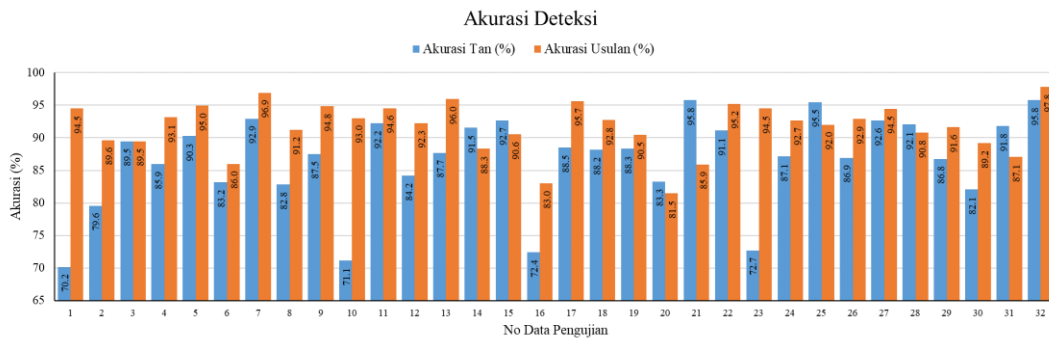
#### 2.5. Evaluasi dan Validasi Hasil

Tahap ini melibatkan evaluasi dan validasi hasil dari eksperimen yang telah dilakukan. Kinerja metode deteksi kulit manusia yang diusulkan akan dievaluasi berdasarkan hasil pengujian dan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya untuk melihat peningkatan performa yang dicapai. Parameter kinerja yang diukur pada eksperimen berupa akurasi (2) dan waktu eksekusi. Akurasi digunakan untuk mengevaluasi hasil deteksi sistem dengan membandingkannya dengan deteksi yang dilakukan oleh ahli.

$$\text{Akurasi} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) \quad (2)$$

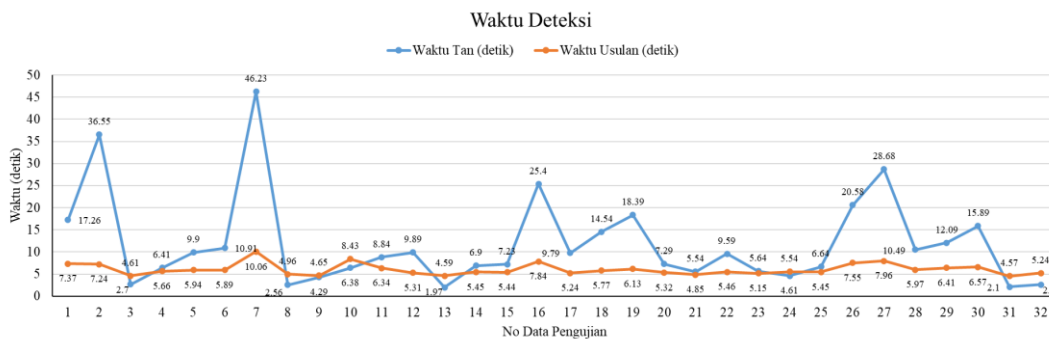
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4 yang memperlihatkan bahwa terdapat dua variabel yang diobservasi, yaitu akurasi dan waktu deteksi. Dalam hasil yang diberikan, terdapat perbandingan akurasi antara metode yang diusulkan (Usulan) dan metode yang diusulkan oleh Tan. Terlihat bahwa metode yang diusulkan memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode yang diusulkan oleh Tan dalam sebagian besar kasus. Pada beberapa citra, akurasi metode yang diusulkan mencapai lebih dari 95%, sementara pada beberapa citra lainnya, akurasi berada di atas 90%. Meskipun terdapat beberapa citra di mana metode yang diusulkan memiliki akurasi yang lebih rendah dibandingkan dengan metode Tan [10], secara keseluruhan, metode yang diusulkan berhasil meningkatkan kinerja deteksi kulit manusia. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memiliki potensi dalam mengklasifikasikan pixel kulit dengan lebih baik daripada metode sebelumnya.



**Gambar 3. Hasil Akurasi**

Perlu diperhatikan juga bahwa tingkat akurasi dapat bervariasi dari satu citra ke citra lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik citra, kompleksitas latar belakang, atau variasi dalam kondisi pencahayaan. Oleh karena itu, analisis yang lebih mendalam dan pengujian yang lebih luas perlu dilakukan untuk mengevaluasi kinerja metode secara lebih komprehensif. Selain akurasi, faktor waktu juga menjadi perhatian. Waktu yang dibutuhkan oleh metode yang diusulkan untuk melakukan deteksi bervariasi antara 1,97 detik hingga 46,23 detik. Waktu yang lebih lama dapat mempengaruhi efisiensi dan kepraktisan metode. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan keseimbangan antara akurasi dan waktu yang diperlukan dalam memilih metode yang sesuai untuk penggunaan praktis.



























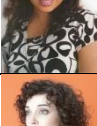


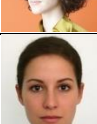








**Gambar 4. Waktu Deteksi**

Dari analisis yang dilakukan, terdapat hasil yang menunjukkan kinerja yang lebih baik dari metode Tan [10] dibandingkan dengan metode yang diusulkan pada beberapa citra. Hal ini terlihat dari gambar 3 yang menunjukkan hasil kinerja metode Tan yang lebih unggul pada citra nomor 3, 14, 15, 20, 21, 25, 28, dan 31. Hasil tersebut juga terlihat pada tabel 1, di mana metode Tan memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode usulan pada 8 citra uji. Selain itu, gambar 4 juga menunjukkan bahwa metode Tan memiliki waktu eksekusi yang lebih cepat pada citra nomor 3, 8, 13, 24, 31, dan 32.

Namun, meskipun metode Tan [10] mencapai kinerja yang lebih baik dalam beberapa kasus, tidak semua percobaan dengan metode Tan mampu diselesaikan dalam waktu yang lebih cepat. Hanya citra nomor 3 dan 31 yang memperoleh kinerja terbaik dan waktu eksekusi yang lebih cepat. Oleh karena itu, secara keseluruhan, hasil percobaan menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu memberikan kinerja yang lebih baik dalam sebagian besar kasus. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa metode yang diusulkan memiliki potensi untuk meningkatkan kinerja deteksi kulit manusia dengan akurasi yang lebih baik, meskipun mungkin membutuhkan waktu eksekusi yang lebih lama dalam beberapa kasus.

**Tabel 1. Hasil Percobaan**

No Citra	Citra Asli	Hasil Tan [10]	Hasil Usulan
3			
8			
13			
14			
15			
20			

No Citra	Citra Asli	Hasil Tan [10]	Hasil Usulan
21			
24			
25			
28			
31			
32			

#### 4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, metode yang diusulkan untuk deteksi kulit manusia telah berhasil meningkatkan kinerja deteksi dibandingkan dengan metode yang telah diusulkan sebelumnya. Metode yang diusulkan mencapai tingkat akurasi yang tinggi, dengan sebagian besar citra uji mencapai akurasi di atas 90%. Meskipun terdapat beberapa citra di mana metode yang diusulkan memiliki akurasi yang lebih rendah daripada metode sebelumnya, secara keseluruhan metode yang diusulkan berhasil meningkatkan kinerja deteksi kulit manusia. Metode yang diusulkan memerlukan waktu eksekusi yang lebih lama dalam beberapa kasus, namun hal ini dapat ditimbang dengan peningkatan kinerja yang dicapai. Dibanding dengan metode sebelumnya menghasilkan kinerja yang lebih baik dalam beberapa citra tertentu, namun tidak semua percobaan dengan metode tersebut mampu diselesaikan dalam waktu yang lebih cepat. Oleh karena itu, secara keseluruhan, metode yang diusulkan menunjukkan potensi dalam meningkatkan kinerja deteksi kulit manusia. Dari hal tersebut diketahui bahwa penelitian ini memberikan kontribusi berharga dalam pengembangan metode deteksi kulit manusia yang lebih baik. Dalam implementasi praktis, pemilihan metode yang paling sesuai harus mempertimbangkan kebutuhan aplikasi dan mencari keseimbangan antara akurasi dan waktu deteksi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Li, B., Xue, X., & Fan, J. (2007). A robust incremental learning framework for accurate skin region segmentation in color images. *Pattern Recognition*, 40(12), 3621-3632.
- [2] Naji, S. A., Zainuddin, R., & Jalab, H. A. (2012). Skin segmentation based on multi pixel color clustering models. *Digital Signal Processing*, 22(6), 933-940.

- [3] Kakumanu, P., Makrogiannis, S., & Bourbakis, N. (2007). A survey of skin-color modeling and detection methods. *Pattern Recognition*, 40(3), 1106-1122.
- [4] Vezhnevets, V., Sazonov, V., & Andreeva, A. (2003). A survey on pixel-based skin color detection techniques. *Proc. Graphicon*.
- [5] Chang, F., Ma, Z., & Tian, W. (2007). A Region-Based Skin Color Detection Algorithm. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, 4426, 417-424.
- [6] Cheddad, A., Condell, J., Curran, K., & Mc Kevitt, P. (2009). A new colour space for skin tone detection. *2009 16th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 497-500.
- [7] Zheng, Q., Zhang, M., & Wang, W. (2004). A Hybrid Approach to Detect Adult Web Images. *Advances in Multimedia Information Processing - PCM 2004*, 609-616.
- [8] Fasel, I., Fortenberry, B., & Movellan, J. (2005). A generative framework for real-time object detection and classification. *Computer Vision and Image Understanding*, 98(1), 182-210.
- [9] Yogarajah, P., Condell, J., Curran, K., McKevitt, P., & Cheddad, A. (2012). A dynamic threshold approach for skin tone detection in colour images. *International Journal of Biometrics*, 4(1), 38.
- [10] Tan, W. R., Chan, C. S., Yogarajah, P., & Condell, J. (2012). A Fusion Approach for Efficient Human Skin Detection. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 8(1), 138-147.
- [11] Gorunescu, F. (2011). *Data Mining Concepts, Models, and Techniques*. Springer Berlin Heidelberg.
- [12] Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159.
- [13] Fleiss, J., Levin, B., & Paik, M. (1981). The measurement of interrater agreement. In *Statistical Methods for Rates and Proportions, Third Edition*, 598-626.
- [14] Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1, 1-511-1-518.
- [15] Lorenzo-Navarro, J. (2011). Viola-Jones Based Detectors: How Much Affects the Training Set? In *Pattern Recognition and Image Analysis*, 6669, 297-304.