



Penerapan Algoritma Backpropagation dan Principal Component Analysis (PCA) pada Jaringan Syaraf Tiruan untuk Identifikasi Jenis Kulit Wajah Berdasarkan Data Kuesioner

Cici Melisa Rizki Panjaitan

Program Studi Sistem Informasi, STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

E-Mail : cicimelisapanjaitan@gmail.com

Article Info

Article history:

Received Dec 01, 2024

Revised Dec 15, 2024

Accepted Dec 25, 2024

Kata Kunci:

Jaringan Syaraf Tiruan
Backpropagation
Principal Component Analysis
Kuesioner
Identifikasi Jenis Kulit

Keywords:

Artificial Neural Network,
Backpropagation, Principal
Component Analysis,
Questionnaire, Skin
Type Identification

ABSTRAK

Penelitian ini berupaya mengembangkan sistem yang mampu mengkategorikan jenis kulit wajah dengan memanfaatkan data yang dikumpulkan melalui survei, mengintegrasikan teknik Principal Component Analysis (PCA) beserta metode Backpropagation dalam Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Sampel data dikumpulkan dari 100 partisipan perempuan berusia 17 hingga 35 tahun melalui kuesioner yang mengevaluasi enam aspek kesehatan kulit. PCA digunakan untuk menyederhanakan dimensi data sebelum memprosesnya dengan JST, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan menghilangkan fitur yang tidak diperlukan. Model dievaluasi dalam dua skenario: satu memanfaatkan PCA dan yang lainnya tidak memanfaatkannya. Temuan menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan akurasi klasifikasi yang sama sebesar 25%, meskipun ada variasi hasil pada berbagai jenis kulit. Meskipun PCA tidak memberikan dampak signifikan pada akurasi, penggunaannya berkontribusi pada standarisasi input dan mempercepat proses pelatihan. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode yang memanfaatkan data subjektif, beserta kombinasi PCA dan JST, dapat berfungsi sebagai strategi efektif untuk menentukan jenis kulit wajah, khususnya dalam aplikasi non-intrusif dan seluler.

ABSTRACT

This research seeks to develop a system capable of categorizing facial skin types by utilizing data collected through surveys, integrating the Principal Component Analysis (PCA) technique along with the Backpropagation method in Artificial Neural Networks (ANN). Data samples were gathered from 100 female participants aged 17 to 35 through questionnaires that evaluated six aspects of skin health. PCA was employed to streamline data dimensions prior to processing it with the ANN, aiming to enhance efficiency and eliminate unnecessary features. The model was evaluated under two scenarios: one utilizing PCA and the other excluding it. Findings indicated that both methods yielded the same classification accuracy of 25%, despite variations in results across different skin types. Although PCA did not make a significant impact on accuracy, its use contributed to standardizing the input and expedited the training process. This research demonstrates that a method leveraging subjective data, along with a combination of PCA and ANN, can serve as an effective strategy for determining facial skin types, particularly in non-intrusive and mobile applications.

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license.



Corresponding Author:

Cici Melisa Rizki Panjaitan,
Program Studi Sistem Informasi, STIKOM Tunas Bangsa
Jl. Jend. Sudirman Blok A, No.1, 2 & 3, Pematangsiantar, Indonesia
Email: cicimelisapanjaitan@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Di era perkembangan jaman yang semakin pesat, masyarakat semakin sadar akan pentingnya kesehatan kulit, apalagi perkembangan industri kesehatan dan kecantikan semakin berkembang di seluruh dunia (Jairoun et al., 2023) (Yeo et al., 2023). Menentukan jenis kulit yang tepat adalah langkah awal yang harus dilakukan untuk mengetahui produk kulit yang sesuai, karna setiap jenis kulit seseorang berbeda beda, ada yang normal, kering, berminyak, dan kombinasi, semua jenis kulit memiliki karakteristik dan kebutuhan produk kulit yang berbeda (Efata et al., 2023). Saat ini, di Indonesia, sudah menggunakan teknologi kecerdasan buatan untuk meningkatkan klasifikasi jenis kulit karna sudah meluas pesat di kalangan masyarakat, terutama dengan melalui metode berbasis citra wajah (Pebrianto et al., 2020). Namun, untuk pendekatan berbasis gambar ini sedikit sulit dan harus memerlukan metode tertentu serta kemampuan komputer yang bagus, dan yang dapat di akses oleh semua masyarakat (Ran et al., 2025).

Dengan menggunakan teknik machine learning termasuk *Convolutional Neural Network* (CNN), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Backpropagation Neural Network* (BNN), beberapa penelitian telah menghasilkan model kategorisasi tipe kulit (Kusumaningrum & Muhimmah, 2023). Berdasarkan informasi subjektif dan gambar, model-model ini menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam menentukan tipe kulit (HERYANTO et al., 2023). Lebih lanjut, sejumlah penelitian yang dilakukan di Indonesia sudah berupaya meningkatkan akurasi dan efisiensi klasifikasi dengan menggunakan data kuesioner dan metode ekstraksi fitur seperti *Principal Component Analysis* (PCA) (Amelia et al., 2019). Selain itu, metode *Haar Wavelet* telah digunakan untuk kategorisasi tipe kulit dengan hasil yang baik (Farhan et al., 2019) begitu juga dengan pendekatan ekstraksi fitur *ABCD Rule* (Wibisono et al., 2025). Penggabungan algoritma PCA dengan *backpropagation* pada jaringan syaraf tiruan terbukti dapat meningkatkan kecepatan klasifikasi berdasarkan data survei (Teknovasi, 2014). Selain itu, CNN dengan arsitektur VGG16 telah digunakan untuk mengkategorikan kulit di Indonesia (Supirman et al., 2023). Pengembangan aplikasi seluler berbasis *machine learning* untuk klasifikasi kulit juga telah banyak digunakan (Damayanti et al., 2025). Penelitian lain juga sudah menunjukkan bahwa penggunaan metode *backpropagation* jaringan syaraf tiruan berbasis GLCM dapat menghasilkan akurasi yang sangat tinggi dalam mengklasifikasikan jenis kulit (HERYANTO et al., 2023). Dengan itu, dapat diharapkan pengembangan sistem klasifikasi berbasis data lokal yang subjektif ini dapat mendukung kebutuhan masyarakat Indonesia dengan memberikan solusi identifikasi kulit yang mudah, terjangkau dan efisien, menurut bagaimana pun kondisi yang menggunakan nya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem untuk mengklasifikasikan jenis kulit wajah dengan memanfaatkan respons dari survei, dengan menggabungkan teknik *Principal Component Analysis* (PCA) dengan metode *Backpropagation* dalam Jaringan Syaraf Tiruan. Memanfaatkan PCA untuk pengurangan dimensionalitas memungkinkan ekstraksi detail penting dari data survei yang lebih baik, sementara metode *Backpropagation* akan diterapkan untuk melatih jaringan syaraf di seluruh prosedur klasifikasi. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah untuk menyediakan opsi yang lebih efisien dan efektif dibandingkan dengan pendekatan berbasis gambar yang sering kali memerlukan infrastruktur yang mahal, sekaligus menunjukkan bahwa metode yang bergantung pada data subjektif dapat menghasilkan hasil yang tepat dan dapat diadaptasi di berbagai platform, seperti aplikasi *mobile*. Lebih jauh, penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan yang ada dalam literatur akademis mengenai integrasi PCA dan ANN untuk klasifikasi kulit melalui penggunaan data kuesioner, suatu area yang belum banyak dieksplorasi.

Tata letak Artikel ini akan dimulai dengan tinjauan pustaka yang ada yang berfokus pada kemajuan terbaru dalam mengkategorikan jenis kulit melalui teknik pembelajaran mesin, PCA, dan ANN. Selanjutnya, bagian dari metodologi akan merinci langkah-langkah yang terlibat dalam pengumpulan dan penanganan data, penggunaan PCA untuk pengurangan dimensi, dan pelatihan kerangka kerja ANN menggunakan teknik *backpropagation*. Bagian hasil dan pembahasan akan menunjukkan seberapa baik model yang dihasilkan bekerja dalam hal akurasi dan kecepatan komputasi, beserta perbandingan dengan metode sebelumnya. Terakhir, untuk bagian kesimpulan akan merangkum temuan utama penelitian ini dan menawarkan saran untuk peningkatan di masa mendatang.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Data Set

Data set dikumpulkan melalui survei yang ditujukan untuk mengidentifikasi ciri-ciri kulit wajah, yang terdiri dari 6 indikator utama beserta satu label klasifikasi. Survei ini diselesaikan oleh 100 wanita berusia antara 17 dan 35 tahun yang tinggal di lingkungan perkotaan. Setiap karakteristik menerima skor dari 1

hingga 5, dengan nilai-nilai yang dijelaskan sebagai berikut : 1 (sangat rendah) hingga 5 (sangat tinggi). Dibawah ini adalah data dari kuesioner yang akan digunakan:

Tabel 1. Data Set

ID	Produksi Minyak	Kulit Kering	Pori-Pori Besar	Wajah Mengkilap	Gatal/Kemerahan	Kusam	Jenis Kulit
1	4	3	2	5	1	1	Normal
2	4	4	5	3	4	2	Kering
3	5	1	1	5	3	5	Kombinasi
4	5	3	4	3	2	4	Normal
5	2	5	5	5	3	4	Kombinasi
6	1	2	1	5	4	4	Kering
7	2	2	3	1	5	4	Normal
8	5	5	4	1	1	1	Kombinasi
9	3	4	1	5	2	1	Normal
10	5	1	1	4	3	4	Berminyak
11	1	5	4	1	3	2	Kombinasi
12	1	4	4	3	4	5	Kombinasi
13	4	4	5	4	3	1	Normal
14	4	1	2	4	2	5	Kering
15	5	2	5	2	4	3	Kering
16	3	2	5	1	5	4	Berminyak
...
100	1	4	4	5	1	3	Kering

Keterangan: informasi yang di sajikan diatas berisi 17 baris sampel contoh yang akan di gunakan, setelah itu jenis kulit dibagi menjadi 4 kelompok, diantaranya adalah normal, kering, berminyak, dan kombinasi. Setelah ini, informasi tersebut menjalani pemeriksaan, pembersihan, dan transformasi menjadi nilai numerik sebelum analisis yang lebih mendalam.

2.2. Pembagian Data Set

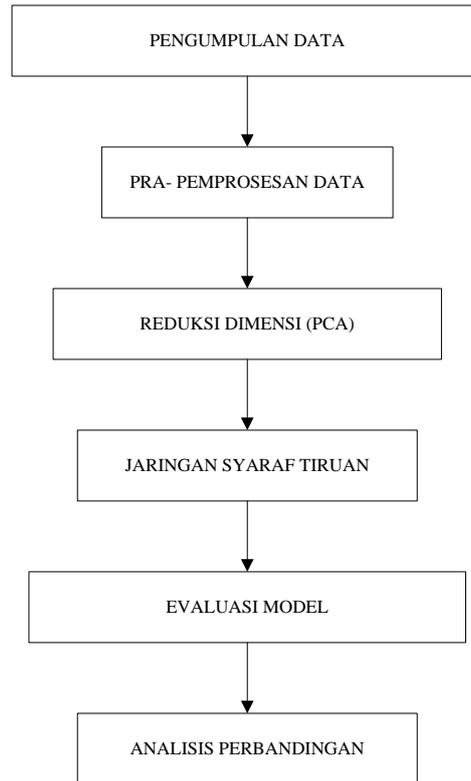
Data yang akan digunakan Untuk proses pelatihan dan distribusi, data akan dipisahkan menjadi dua segmen dengan menggunakan metode *Hold-out Split*. Berikut adalah rinciannya:

Tabel 2. Pembagian Dataset

Jenis Data	Jumlah Data	Persentase
Data Latih	80	80%
Data uji	20	20%
Total	100	100%

2.3 Kerangka Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis untuk menerapkan metode Algoritma *Backpropagation* dan *Principal Component Analysis (PCA)* pada Jaringan Syaraf Tiruan untuk Identifikasi Jenis Kulit Wajah. Berikut tahapan penelitian yang digunakan :



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Penjelasan Tahapan:

1. Pengumpulan Data: mengumpulkan informasi dari total 100 peserta dengan menggunakan enam metrik dan satu pengenalan tunggal yang menunjukkan jenis kulit.
2. Pra-Pemrosesan Data: Data yang dikumpulkan distandarisasi dan diubah menjadi format numerik.
3. Reduksi Dimensi (PCA): Enam karakteristik utama diringkas menjadi dua komponen utama, yang disebut sebagai PC1 dan PC2, untuk memperlancar integrasi dengan Jaringan Syaraf Tiruan.
4. Jaringan Syaraf Tiruan (ANN): ANN dilatih menggunakan teknik Backpropagation yang diterapkan pada data yang diperoleh dari PCA. Selain itu, ANN menjalani pengujian tanpa PCA demi perbandingan.
5. Evaluasi Model: Efektivitas model dinilai melalui berbagai ukuran, termasuk akurasi, presisi, penarikan kembali, dan Analisis Komparatif F1-sc.
6. Analisis Perbandingan: Perbandingan kinerja ANN dilakukan, membandingkan skenario dengan implementasi PCA dengan yang tidak memilikinya, khususnya memeriksa jenis kulit yang diklasifikasikan secara efektif.

2.4. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (ANN) adalah model komputasi yang dimodelkan berdasarkan struktur otak manusia. ANN berguna untuk tugas-tugas seperti klasifikasi, prediksi, dan pengenalan pola dalam bahasa dan gambar karena dapat mempelajari hubungan nonlinier yang rumit dalam data. Penelitian terkini telah difokuskan pada metode pelatihan skala besar, fungsi aktivasi yang efektif, dan penanganan komputer karena daya pemrosesan dan kumpulan data besar telah meningkat. Lapisan input, tersembunyi, dan output dari jaringan saraf tiruan (ANN) terdiri dari neuron buatan yang dihubungkan oleh bobot yang disetel selama pelatihan, biasanya menggunakan teknik backpropagation (Gusak et al., 2022) (Gustineli, 2022) (Gawlikowski et al., 2023).

2.5. Metode Backpropagation

Pengaplikasian algoritma backpropagation memastikan bahwa metode ANN mampu menghasilkan perubahan yang sangat sedikit dan peningkatan dalam durasi tahunan. Metode ini mencakup penyesuaian pada berbagai lapisan serta pengintegrian informasi untuk memengaruhi neuron lainnya dengan memakai algoritma. Dengan memperhitungkan data klasik, yang sebanding dengan presisi dan efisiensi. Salah satu kemampuan paling unggul dari ANN adalah Backpropagation, namun data yang digunakan rumit dan bersifat nonlinier (Li, 2024)(Ruder, 2016)(Ororbia et al., 2023).

Rumus yang digunakan untuk metode Backpropagation, yaitu :

$$a_j = f \left(\sum_{i=1}^n w_{ij} x_i + b_j \right) \quad (i)$$

x_i = input Jaringan Syaraf Tiruan dari PC1 dan PC2 dari hasil Principal Component Analysis (PCA)

w_{ij} = bobot neuron yang menghubungkan neuron input ke i pada neuron di hidden layer

b_j = bias Neutron untuk nilai tambahan yang akan di berikan kepada setiap neuron di hidden layer

f = fungsi aktivasi yang akan digunakan untuk menentukan output dari setiap neuron

a_j = output yang dihasilkan neuron j untuk layer tertentu saja

2.6. Metode Principal Component Analysis (PCA)

Teknik statistik yang disebut *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk memfokuskan data dengan meminimalkan jumlah variabel (fitur) sambil mempertahankan informasi yang paling penting. Untuk menentukan komponen utama, komponen yang memiliki variasi paling banyak dalam data, PCA mencari pola dalam data dan memutar sumbu data ke arah yang baru. Kemampuan pendekatan ini untuk menyaring informasi penting dari data yang kompleks, sehingga lebih mudah untuk dimodelkan dan dianalisis, telah membuatnya populer dalam ilmu data, pembelajaran mesin, dan analisis survei (Gond, 2024)(Dinesh et al., 2023).

Rumus yang digunakan untuk metode *Principal Component Analysis* (PCA) yaitu:

$$Y = ZW \quad (ii)$$

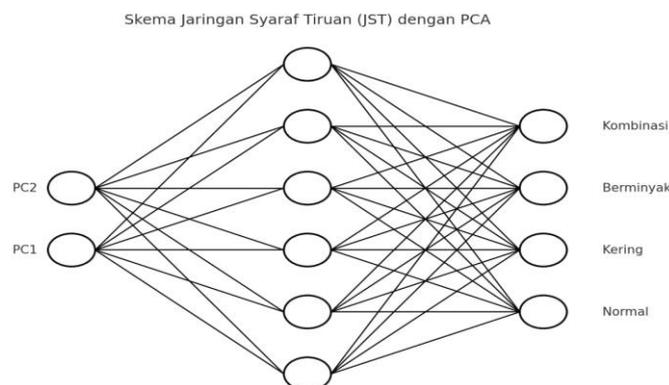
Y = menunjukkan data yang diubah yang menampilkan dua atribut utama: PC1 dan PC2

Z = merupakan matriks data standar yang berasal dari 6 atribut kuesioner

W = merupakan matriks vektor eigen yang dipilih, yang terdiri dari dua kolom: PC1 dan PC2.

2.7. Skema Jaringan Syaraf Tiruan Backpropogation dengan PCA

Berikut ini adalah hasil skema jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan PCA :



Gambar 2. Skema JST

Grafik ini menggambarkan arsitektur jaringan artistik yang digunakan dalam penelitian ini. Dua neuron terlibat, dan hasilnya adalah pengurangan dimensi menggunakan pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA). Terakhir, satu lapisan tersembunyi dengan enam neuron, sering kali lapisan luar. Pada akhirnya, tiga *neuron* yang bertanggung jawab untuk pencocokan terbukti memiliki kulit normal, kering, berminyak, dan kombinasi. Setiap *neuron* lain di lapisan berikutnya terhubung erat dengan setiap *neuron* di satu lapisan. Algoritma *Backpropagation* digunakan dalam proses pembelajaran untuk memaksimalkan keluaran *neuronal*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas dua teknik untuk mengkategorikan jenis kulit wajah berdasarkan data kuesioner, dengan menggunakan metode *Backpropagation Artificial Neural Network* (ANN), keduanya menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dan tanpanya. Kumpulan data yang dianalisis mencakup 100 sampel, dengan 80% dialokasikan untuk Training dan 20% untuk Testing (20%).

3.1. Reduksi Dimensi dengan PCA

Digunakan untuk memadatkan enam fitur utama menjadi dua komponen utama. Hasil transformasi PCA ditampilkan dalam tabel di bawah ini: Interpretasi: Bersama-sama, PC1 dan PC2 mencakup 71,1% varians dalam kumpulan data asli. PCA dirancang untuk mengurangi dimensi dan menghilangkan redundansi fitur, meskipun tidak serta merta menjamin peningkatan akurasi dalam proses pengelompokan, yaitu:

Tabel 3. Reduksi Dimensi dengan PCA

Komponen	Eigenvalue	Variansi (%)	Variansi Kumulatif (%)
PC1	2.78	46.3	46.3
PC2	1.49	24.8	71.1

Interpretasi :

PC1 dan PC2 mencakup 71,1% variasi yang diamati dalam kumpulan data asli. Tujuan *Principal Component Analysis* (PCA) adalah untuk mengubah dimensi dan meminimalkan tumpang tindih antara atribut yang berbeda, meskipun tidak menjamin peningkatan akurasi dalam kategorisasi.

3.2. Penilaian JST Tanpa PCA (Menggunakan 6 fitur asli)

Kerangka kerja ANN dikembangkan dengan menggunakan semua fitur asli, khususnya Lapisan keluaran: Produksi Minyak, Kulit Kering, Pori-Pori Wajah, Wajah Mengkilap, Gatal/Kemerahan, Kusam. Konfigurasi JST terdiri dari : Lapisan tersembunyi sebanyak 8 *Neuron*, Aktivasi nya ReLu, Metode penelitian yang digunakan adalah *Backpropagation*, Memiliki 1000 *Epoch*, Dan lapisan outputnya memiliki 4 *Neuron* (Untuk 4 jenis kulit).

Tabel 4. Hasil Klasifikasi JST tanpa PCA

Jenis Kulit	Presisi	Recall	F1-Score	Jumlah Data
Berminyak	0.17	0.20	0.18	5
Kering	0.00	0.00	0.00	6
Kombinasi	0.43	0.75	0.55	4
Normal	0.25	0.20	0.22	5
Rata-rata	0.21	0.29	0.24	20

Akurasi ditentukan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Jumlah Data Uji}} \times 100\% = (5 / 20) \times 100\% = 25\%$$

Jumlah prediksi yang benar berdasarkan matriks, adalah:

- Berminyak : 1 benar
- Kering : 0 benar
- Kombinasi : 3 benar

- d. Normal : 1 benar
Total : 5 Dari 20

$$\text{Akurasi JST Tanpa PCA} = \frac{5}{10} \times 100\% = 25\%$$

3.3. Evaluasi JST dengan PCA (2 Komponen Utama)

Setelah menerapkan PCA, model JST hanya menggunakan dua fitur (PC1 dan PC2) berdasarkan enam fitur awal. Hasil klasifikasi adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Klasifikasi JST dengan PCA

Jenis Kulit	Presisi	Recall	F1-Score	Jumlah Data
Berminyak	0.17	0.20	0.18	5
Kering	0.30	0.50	0.37	6
Kombinasi	0.00	0.00	0.00	4
Normal	0.25	0.20	0.22	5
Rata-rata	0.18	0.22	0.19	20

Akurasi ditentukan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Jumlah Data Uji}} \times 100\% = (5 / 20) \times 100\% = 25\%$$

Jumlah prediksi yang benar berdasarkan matriks, adalah

- Berminyak : 1 benar
 - Kering : 3 benar
 - Kombinasi : 0 benar
 - Normal : 1 benar
- Total : 5 Dari 20

$$\text{Akurasi JST Dengan PCA} = \frac{5}{10} \times 100\% = 25\%.$$

3.4. Analisis Perbandingan

Berikut adalah analisis perbandingan antara JST dengan Principal Component Analysis (PCA) :



Gambar 3. Analisis Perbandingan

Temuan menunjukkan bahwa teknik ANN, baik dengan maupun tanpa penggabungan antara backpropagation dengan PCA, menghasilkan tingkat akurasi seragam sebesar 25%. Ini menunjukkan bahwa di antara 20 titik data yang diuji, hanya 5 yang diklasifikasikan secara akurat. Meskipun demikian, ada perbedaan yang nyata dalam diferensiasi jenis kulit antara kedua metode ini. Dalam kasus ANN yang tidak menggunakan PCA, pendekatan ini unggul dalam mengidentifikasi jenis kulit campuran tetapi gagal untuk

secara efektif mengklasifikasikan jenis kulit kering. Di sisi lain, ketika PCA digunakan dalam ANN, ada peningkatan dalam identifikasi jenis kulit kering, sementara model sepenuhnya berjuang untuk mengenali jenis kulit campuran. Dalam skenario ini, algoritma *Backpropagation* yang digunakan dalam ANN sangat penting selama fase pelatihan model. *Backpropagation* beroperasi dengan menilai perbedaan antara keluaran dari jaringan dan target sebenarnya, secara bertahap menyesuaikan bobot di antara *neuron* dengan meminimalkan kesalahan melalui pendekatan penurunan gradien. Setiap neuron dalam lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran mengalami modifikasi bobot sesuai dengan perannya dalam kesalahan keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Jaringan Syaraf Tiruan dengan PCA dan *Backpropagation*, penelitian ini berhasil membuat alat kerja untuk mengkategorikan jenis kulit wajah berdasarkan data kuesioner. Penelitian ini berhasil menciptakan alat kerja untuk mengkategorikan jenis kulit wajah berdasarkan data kuesioner. Meskipun masing-masing strategi memiliki kelebihan berbeda dalam mengidentifikasi berbagai jenis kulit, hasil percobaan menunjukkan bahwa kedua strategi tersebut memiliki tingkat akurasi setidaknya 25% lebih tinggi daripada aplikasi PCA. Meskipun mungkin tidak menghasilkan peningkatan akurasi yang diinginkan, PCA membuat proses pelatihan lebih mudah dan meningkatkan efisiensi pelatihannya. Pendekatan pendekatan *hybrid* bisa jadi dapat digunakan dalam situasi di mana tidak diperlukan wajah atau peralatan khusus dan merupakan cara yang baik untuk menentukan jenis kulit berdasarkan masukan subjek. Digunakan dalam situasi di mana tidak diperlukan wajah atau peralatan khusus dan merupakan cara yang baik untuk menentukan jenis kulit berdasarkan masukan subjek. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji kebiasaan kerja pekerja ANN yang lebih fleksibel dan menambah jumlah fitur yang digunakan dan merekomendasikan bahwa penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk meneliti kebiasaan kerja pekerja ANN yang lebih fleksibel dan meningkatkan jumlah fitur tambahan.

REFERENCES

- Amelia, R. D., Tritasmoro, I. I., & Ibrahim, N. (2019). Klasifikasi Jenis Kulit Wajah Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform dan Backpropagation. *E-Proceeding of Engineering*, 6(2), 4147–4153.
- Damayanti, M. A., Siskasari, D., Hidayatullah, S., Fernandi, R. A., & Santoso, H. (2025). *Indonesian Journal on Data Science Pengembangan Aplikasi Mobile Saffco Skin untuk Edukasi Perawatan Wajah dengan Sistem Rekomendasi Menggunakan Algoritma KNN*. 3(1), 41–50.
- Dinesh, M., Prakash, S., & Jadagerimath, A. N. (2023). *INTELLIGENT SYSTEMS AND APPLICATIONS IN AI-Based Principal Component Analysis (PCA) Approach for the Determination of Key Water Quality Parameters*. 11(3), 209–218.
- Efata, R., Loka, W. I., Wijaya, N., & Suhartono, D. (2023). Facial Skin Type Prediction Based on Baumann Skin Type Solutions Theory Using Machine Learning. *TEM Journal*, 12(1), 96–103. <https://doi.org/10.18421/TEM121-13>
- Farhan, M. R., Widodo, A. W., & Rahman, M. A. (2019). Ekstraksi Ciri Pada Klasifikasi Tipe Kulit Wajah Menggunakan Metode Haar Wavelet. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(3), 2903–2909.
- Gawlikowski, J., Tassi, C. R. N., Ali, M., Lee, J., Humt, M., Feng, J., Kruspe, A., Triebel, R., Jung, P., Roscher, R., Shahzad, M., Yang, W., Bamler, R., & Zhu, X. X. (2023). A survey of uncertainty in deep neural networks. In *Artificial Intelligence Review* (Vol. 56, Issue s1). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10562-9>
- Gond, V. B. (2024). *Rank Prediction Using Principal Component Analysis*. 297–301.
- Gusak, J., Cherniuk, D., Shilova, A., Katrutsa, A., Bershatsky, D., Zhao, X., Eyraud-Dubois, L., Shlyazhko, O., Dimitrov, D., Oseledets, I., & Beaumont, O. (2022). *Survey on Large Scale Neural Network Training*. <http://arxiv.org/abs/2202.10435>
- Gustineli, M. (2022). *A survey on recently proposed activation functions for Deep Learning*. 1–7. <http://arxiv.org/abs/2204.02921>
- HERYANTO, M. A., JUANANTA, D., SADANARESWARE, 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. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v1i3.705>
- Jairoun, A. A., Al-Hemyari, S. S., Shahwan, M., El-Dahiyat, F., Zyoud, S. H., Jairoun, O., & Shayeb, M. Al. (2023). Development and Validation of an Instrument to Appraise the Tolerability, Safety of Use, and Pleasantness of a Cosmetic Product. *Cosmetics*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/cosmetics10010015>
- Kusumaningrum, S. D., & Muhimmah, I. (2023). Analisis Faktor dan Metode untuk Menentukan Tipe Kulit Wajah: Tinjauan Literatur. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 10(4), 753–762. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20241046955>

- Li, M. (2024). Comprehensive Review of Backpropagation Neural Networks. *Academic Journal of Science and Technology*, 9(1), 150–154. <https://doi.org/10.54097/51y16r47>
- Ororbia, A. G., Mali, A., Kifer, D., & Lee Giles, C. (2023). Backpropagation-Free Deep Learning with Recursive Local Representation Alignment. *Proceedings of the 37th AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2023*, 37, 9327–9335. <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i8.26118>
- Pebrianto, R., Nugraha, S. N., & Gata, W. (2020). Perancangan Sistem Pakar Penentuan Jenis Kulit Wajah Menggunakan Metode Certainty Factor. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 5(1), 83–93. <https://doi.org/10.31294/ijcit.v5i1.7408>
- Ran, J., Dong, G., Yi, F., Li, L., & Wu, Y. (2025). Automatic Measurement of Comprehensive Skin Types Based on Image Processing and Deep Learning. *Electronics (Switzerland)*, 14(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/electronics14010049>
- Ruder, S. (2016). *An overview of gradient descent optimization algorithms*. 1–14. <http://arxiv.org/abs/1609.04747>
- Supirman, S., Lubis, C., Yulianto, D., & Perdana, N. J. (2023). Klasifikasi Penyakit Kulit Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Dengan Arsitektur Vgg16. *Simtek : Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer*, 8(1), 135–140. <https://doi.org/10.51876/simtek.v8i1.217>
- Teknovasi, J. (2014). *PENERAPAN ALGORITMA BACKPROPAGATION DAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS UNTUK. 01*, 62–70.
- Wibisono, A. D. R., Mandyartha, E. P., & Haromainy, M. M. Al. (2025). Klasifikasi penyakit kulit berbasis support vector machine dengan ekstraksi fitur abcd rule. *10*(1), 686–698.
- Yeo, Q. F., Ooi, S. Y., Pang, Y. H., & Gan, Y. H. (2023). Facial Skin Type Analysis Using Few-shot Learning with Prototypical Networks. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(6), 2249–2266. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.6.19040>