E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Implementasi Model Vision Transformer (ViT) Untuk Klasifikasi Kondisi Cuaca Berdasarkan Citra Digital Dengan Validasi Citra Dan Estimasi Suhu

Theresia Oktaviani Titu[1], Febiyanti[2], Muhammad Irsyadillah[3], Waeisul Bismi[4], Imam Budiawan[5], Nila Hardi[6]
[1]Program Studi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, theresiatyn@gmail.com
[2]Program Studi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, febi30289@gmail.com
[3]Program Studi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, irsyaddillahm@gmail.com
[4]Program Studi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, Waeisul.wbn@bsi.ac.id
[5]Program Studi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, imam.imb@bsi.ac.id
[6]Program Studi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, nilai.nad@bsi.ac.id

Abstrak

Informasi cuaca penting bagi berbagai aktivitas sehari-hari, dan kondisi cuaca dapat dikenali secara otomatis melalui citra digital. Penelitian ini mengimplementasikan model Vision Transformer (ViT) untuk klasifikasi kondisi cuaca berdasarkan citra digital, dilengkapi validasi citra dan estimasi suhu. Sistem menggunakan arsitektur tiga tahap. Model klasifikasi ViT pertama memvalidasi apakah gambar yang diunggah merupakan gambar cuaca. Gambar yang lolos validasi diklasifikasikan oleh model ViT kedua ke dalam lima kelas cuaca, yaitu berawan, cerah, hujan, kabut, dan mendung. Kelas hasil klasifikasi kemudian digunakan untuk mengestimasi suhu dari dataset cuaca. Seluruh citra dikumpulkan secara manual oleh peneliti, dengan dataset validasi sebanyak 4.856 citra dan dataset cuaca sebanyak 2.320 citra. Kedua model dilatih dan dijalankan melalui platform Roboflow, dan sistem diimplementasikan dalam bentuk aplikasi web menggunakan Python dan Streamlit. Pada data validasi, model validasi citra mencapai akurasi 98,2% dan model klasifikasi cuaca mencapai akurasi 95,1%, sedangkan pada data uji model klasifikasi cuaca mencapai akurasi 93,94% dengan kelas berawan sebagai kelas terlemah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menolak gambar non-cuaca, mengklasifikasikan kondisi cuaca, serta memberikan estimasi suhu secara otomatis.

Kata Kunci: *Vision Transformer, Klasifikasi Cuaca, Validasi Citra, Estimasi Suhu, Computer Vision*

Abstract

Weather conditions can be recognized automatically from digital images. This study implements Vision Transformer (ViT) models for weather condition classification from digital images, supported by image validation and temperature estimation. The proposed system uses a three-stage architecture. The first ViT classification model validates whether an uploaded image is a weather image. Images that pass validation are classified by a second ViT model into five weather classes: cloudy (berawan), clear (cerah), rainy (hujan), foggy (kabut), and overcast (mendung). The predicted class is then used to estimate temperature from a weather dataset. All images were collected manually by the authors. The validation dataset contains 4,856 images and the weather dataset contains 2,320 images. Both models were trained and deployed through the Roboflow platform, and the system was implemented as a web application using Python and

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Streamlit. On the validation set, the image validation model achieved an accuracy of 98.2% and the weather classification model achieved an accuracy of 95.1%, while on the test set the weather model achieved 93.94% accuracy, with the cloudy (berawan) class being the weakest. The results show that the system can reject non-weather images, classify weather conditions, and provide temperature estimates automatically.

Keywords: *Vision Transformer, Weather Classification, Image Validation, Temperature Estimation, Computer Vision*

Corresponding Author:
Theresia Oktaviani Titu

Universitas Bina Sarana Informatika, theresiatyn@gmail.com

PENDAHULUAN

Informasi cuaca merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi berbagai sektor kehidupan, seperti transportasi, pertanian, perikanan, pariwisata, hingga aktivitas masyarakat sehari-hari. Ketepatan informasi cuaca dapat membantu pengambilan keputusan yang lebih baik serta mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh perubahan kondisi atmosfer. Seiring perkembangan teknologi digital, kebutuhan akan sistem yang mampu mengidentifikasi kondisi cuaca secara cepat dan otomatis semakin meningkat. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dan Computer Vision untuk mengenali kondisi cuaca berdasarkan citra digital (Meng, 2024).

Artificial Intelligence merupakan bidang ilmu yang memungkinkan komputer meniru kemampuan kognitif manusia dalam pengambilan keputusan, pengenalan pola, dan prediksi. Salah satu cabang AI yang berkembang pesat adalah Machine Learning dan Deep Learning yang mampu mempelajari pola dari data dalam jumlah besar secara otomatis (A. Zhang et al., 2023). Dalam pengolahan citra, Deep Learning mampu mengekstraksi fitur visual secara otomatis tanpa proses ekstraksi fitur manual (Y. Zhang et al., 2024).

Berbagai penelitian telah menerapkan Deep Learning untuk klasifikasi kondisi cuaca berbasis citra. Meng (2024) menunjukkan bahwa pendekatan Deep Learning menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan metode tradisional seperti K-Nearest Neighbor (KNN), sedangkan Li dan Luo (2023) menunjukkan bahwa model yang menggabungkan ViT dengan modul dual enhanced-attention mencapai F1-score 97,47% pada dataset cuaca MWD.

Convolutional Neural Network (CNN) banyak digunakan untuk klasifikasi citra, tetapi memiliki keterbatasan kinerja pada tugas pengenalan citra (Rangel et al., 2024). Vision Transformer (ViT) berkembang sebagai pendekatan klasifikasi citra berbasis self-attention. ViT membagi gambar menjadi potongan (patch) berukuran tetap, mengubahnya menjadi urutan token, lalu memprosesnya dengan mekanisme self-attention sehingga dapat menangkap hubungan global antarbagian gambar (Dosovitskiy dkk., 2021). Karakteristik ini relevan untuk citra cuaca karena kondisi seperti kabut, mendung, atau berawan ditentukan oleh pola yang tersebar di seluruh gambar. (Buwana et al., 2026). menerapkan ViT untuk klasifikasi cuaca cerah dan hujan pada citra CCTV jalan raya dan memperoleh akurasi 88%, yang menunjukkan potensi ViT untuk klasifikasi cuaca.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Keterangan
1	Buwana dan Fauzan (2026)	Menerapkan ViT base patch16-224 dengan backbone yang dibekukan untuk klasifikasi dua kelas cuaca (cerah dan hujan) pada citra CCTV jalan raya dengan akurasi 88%. Perbedaannya, penelitian ini menggunakan lima kelas cuaca, menambahkan tahap validasi citra, dan mengintegrasikan estimasi suhu dalam aplikasi web.
2	Meng (2024)	Membahas penggunaan Deep Learning untuk klasifikasi cuaca berbasis citra dan menunjukkan keunggulannya dibandingkan metode tradisional seperti KNN. Berbeda dengan penelitian tersebut, WeatherVision menggunakan ViT dengan validasi citra dan estimasi suhu.
3	Li dan Luo (2023)	Mengusulkan model klasifikasi citra cuaca yang menggabungkan ViT dengan modul dual enhanced-attention dan memperoleh F1-score 97,47% pada dataset MWD. Sementara itu, WeatherVision menggunakan ViT untuk mengklasifikasikan lima kelas cuaca, memvalidasi citra, dan mengintegrasikan estimasi suhu dalam aplikasi web.

Selain klasifikasi, validasi gambar merupakan aspek penting dalam membangun sistem yang andal. Tanpa validasi, sistem tetap memberikan hasil klasifikasi cuaca meskipun gambar yang diunggah bukan gambar cuaca, sehingga hasilnya menyesatkan. Oleh karena itu diperlukan tahap penyaringan gambar sebelum klasifikasi dilakukan.

Meskipun berbagai penelitian telah berhasil mengklasifikasikan kondisi cuaca menggunakan Deep Learning, sebagian besar hanya berfokus pada klasifikasi citra tanpa validasi awal terhadap gambar yang digunakan dan tanpa informasi lanjutan berupa estimasi suhu. Selain itu, masih sedikit penelitian yang mengintegrasikan validasi gambar, klasifikasi cuaca, dan estimasi suhu dalam satu aplikasi yang mudah digunakan oleh pengguna umum.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan model ViT untuk klasifikasi kondisi cuaca berdasarkan citra digital dengan validasi citra dan estimasi suhu dalam sebuah aplikasi web yang diberi nama WeatherVision. Sistem menggunakan arsitektur tiga tahap: model ViT pertama untuk validasi gambar, model ViT kedua untuk klasifikasi lima kelas cuaca, dan modul estimasi suhu berdasarkan dataset cuaca. Kedua model dilatih dan dijalankan melalui platform Roboflow, dan sistem diimplementasikan sebagai aplikasi web menggunakan Python dan Streamlit sehingga dapat diakses melalui berbagai perangkat.

Tujuan penelitian ini adalah (1) mengimplementasikan model ViT untuk memvalidasi citra cuaca, (2) mengklasifikasikan kondisi cuaca ke dalam lima kelas, (3) menghasilkan estimasi suhu berdasarkan hasil klasifikasi, dan (4) mengintegrasikan ketiganya dalam aplikasi web. Penelitian ini diharapkan membantu proses identifikasi kondisi cuaca secara lebih cepat dan mudah diakses oleh pengguna.

METODE

Landasan Teori

Machine Learning merupakan cabang AI yang memungkinkan sistem mempelajari pola dari data tanpa diprogram secara eksplisit, sedangkan Deep Learning menggunakan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

jaringan saraf berlapis untuk mempelajari representasi data yang kompleks secara otomatis . Computer Vision merupakan bidang yang memungkinkan komputer memahami dan menginterpretasikan informasi visual dari gambar maupun video. Salah satu tugas utamanya adalah klasifikasi citra, yaitu menentukan kelas suatu gambar dari sejumlah kelas yang telah ditetapkan. Pada pengenalan cuaca, kelas ditentukan dari ciri visual citra seperti kondisi langit dan visibilitas, yang tidak memiliki informasi struktural yang jelas karena dipengaruhi pencahayaan dan pantulan (Li, J., & Luo, 2023).

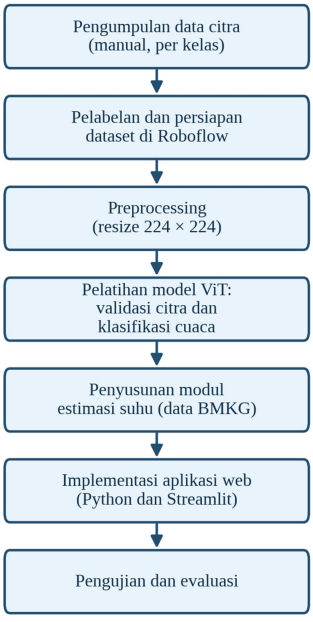
Vision Transformer (ViT) menerapkan arsitektur Transformer pada citra. Penelitian ini hanya menggunakan ViT sebagai model Machine Learning. Gambar dibagi menjadi potongan (patch) berukuran tetap, misalnya 16 × 16 piksel, setiap patch diubah menjadi vektor (patch embedding) dan ditambahkan informasi posisi, lalu urutan token tersebut diproses oleh transformer encoder yang menggunakan mekanisme self-attention (Halder et al., 2024). Dengan self-attention, setiap bagian gambar dapat berhubungan dengan seluruh bagian lain sehingga model menangkap konteks global. Keluaran encoder diteruskan ke lapisan klasifikasi untuk menghasilkan probabilitas tiap kelas.

Roboflow merupakan platform Computer Vision yang menyediakan dataset publik berskala besar (Ciaglia et al., 2022). serta mendukung pengelolaan dataset, anotasi, augmentasi, pelatihan model, dan deployment melalui API. Pada penelitian ini Roboflow digunakan untuk melatih dan menjalankan dua model ViT Classification. Streamlit merupakan framework Python untuk membangun aplikasi web interaktif, khususnya untuk Machine Learning, tanpa pengembangan frontend yang kompleks (Akkem, Y., Biswas, S. K., & Varanasi, 2023).

Jenis dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk membangun dan mengevaluasi sistem klasifikasi kondisi cuaca berbasis citra digital. Kinerja model diukur secara objektif menggunakan metrik evaluasi.

Tahapan penelitian: (1) pengumpulan data citra, (2) pelabelan dan persiapan dataset, (3) preprocessing dan augmentasi, (4) pelatihan model ViT untuk validasi citra dan klasifikasi cuaca, (5) penyusunan modul estimasi suhu, (6) implementasi aplikasi web, dan (7) pengujian dan evaluasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Sumber : Hasil Penelitian 2026

Pengumpulan Data

Seluruh data citra dikumpulkan secara manual, satu per satu, oleh peneliti. Citra disimpan di Google Drive, disusun ke dalam folder per kelas, lalu diunggah ke Roboflow untuk pelatihan model. Data dibagi menjadi dua dataset.

a. Dataset klasifikasi cuaca. Terdiri atas 2.320 citra dalam lima kelas, yaitu berawan, cerah, hujan, kabut, dan mendung, dengan distribusi pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Dataset Klasifikasi Cuaca

Kelas	Jumlah citra	Persentase
Berawan	127	5,5%
Cerah	352	15,2%
Hujan	902	38,9%
Kabut	681	29,4%
Mendung	258	11,1%
Total	**2.320**	**100%**

Distribusi kelas tidak seimbang, dengan kelas hujan paling banyak dan kelas berawan paling sedikit.

b. Dataset validasi citra. Terdiri atas 4.856 citra dengan dua kelas, yaitu "kategori" (citra cuaca) sebanyak 2.320 citra dan "bukan kategori" (citra non-cuaca) sebanyak 2.536 citra. Kelas "bukan kategori" mencakup 10 jenis objek, yaitu anime, game, gunung, hewan, ruangan (indoor), kebakaran, kendaraan, makanan, manusia, dan pantai.

c. Dataset suhu. Data suhu diunduh dari situs BMKG, dirapikan secara manual oleh peneliti, dan disimpan dalam file Microsoft Excel sebanyak 366 baris pengamatan. Atribut yang digunakan adalah tavg (suhu rata-rata), tmin (suhu minimum), tmax (suhu maksimum), prcp (curah hujan), dan Kondisi_Cuaca. Label Kondisi_Cuaca ditentukan dari curah hujan dan suhu rata-rata: hujan bila prcp ≥ 10 mm, mendung bila prcp 0,1–9,9 mm, serta tanpa hujan dikelompokkan cerah bila tavg > 30 °C dan berawan bila tavg ≤ 30 °C. Jumlah baris per kelas adalah mendung 206, hujan 94, berawan 57, dan cerah 9. Pada aplikasi, kelas hasil klasifikasi dicocokkan dengan label Kondisi_Cuaca, lalu seluruh baris berlabel sama dirata-ratakan untuk menghasilkan estimasi suhu. Dataset ini tidak memuat kelas kabut.

Preprocessing dan Pembagian Data

Pada kedua dataset, seluruh citra diubah ukurannya menjadi 224 × 224 piksel dengan metode stretch melalui Roboflow, sesuai ukuran masukan model ViT. Tidak dilakukan augmentasi data tambahan. Citra dikumpulkan terlebih dahulu oleh peneliti, kemudian dilatih menggunakan model ViT dan diuji pada platform Roboflow menggunakan citra uji.

Pada dataset cuaca (2.320 citra), pembagian data di Roboflow menggunakan rasio sekitar 70% data latih, 20% data validasi, dan 10% data uji, yaitu 1.621, 468, dan 231 citra. Akurasi yang dilaporkan pada penelitian ini dihitung pada data validasi. Pada dataset validasi citra (4.856 citra), tampilan Dataset Analytics di Roboflow menunjukkan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

pembagian data latih, validasi, dan uji dengan proporsi yang kurang lebih sama, yaitu sekitar 70%, 20%, dan 10% (sekitar 3.399, 971, dan 486 citra).

Arsitektur Sistem Tiga Tahap

Sistem menggunakan dua model ViT Classification yang dilatih melalui Roboflow.

Tahap 1, validasi citra. Model memeriksa apakah citra yang diunggah termasuk "kategori" (citra cuaca). Jika bukan, sistem menolak citra dan menampilkan pesan kesalahan.

Tahap 2, klasifikasi cuaca. Citra yang lolos diklasifikasikan ke salah satu dari lima kelas cuaca beserta nilai confidence.

Tahap 3, estimasi suhu. Kelas cuaca hasil klasifikasi digunakan untuk mengestimasi suhu dari dataset suhu.

Estimasi Suhu

Estimasi suhu bukan keluaran model Machine Learning, melainkan perhitungan berbasis dataset. Untuk kelas cuaca hasil klasifikasi, sistem mengambil seluruh baris data dengan kondisi yang sama, lalu menghitung rata-rata tavg, tmin, tmax, dan prcp. Nilai estimasi suhu adalah rata-rata tavg kelas tersebut, sedangkan rata-rata tmin dan rata-rata tmax ditampilkan sebagai rentang suhu harian dan rata-rata prcp sebagai curah hujan. Jika kelas cuaca tidak ditemukan pada dataset suhu (misalnya kabut), sistem menampilkan pesan bahwa estimasi suhu belum tersedia.

Perancangan dan Implementasi Aplikasi

Aplikasi WeatherVision diimplementasikan sebagai aplikasi web menggunakan Python versi 3.14.4 dan Streamlit, dengan pustaka pandas, openpyxl, OpenCV, requests, dan Roboflow SDK versi 1.1.49. Aplikasi terdiri atas lima halaman:

1. Home: menu utama.
2. About: informasi tujuan dan teknologi aplikasi.
3. Scan Cuaca: unggah gambar (JPG, JPEG, PNG) atau ambil foto langsung dengan kamera, lalu analisis.
4. Dashboard: ringkasan jumlah scan, cuaca terakhir, rerata suhu estimasi dan keyakinan, serta grafik distribusi kelas dan tingkat keyakinan dari riwayat pemindaian.
5. History: riwayat hasil pemindaian berisi kondisi cuaca, suhu, dan tingkat keyakinan.

Evaluasi dan Pengujian

Kinerja klasifikasi diukur dengan accuracy, precision, recall, dan F1-score yang dihitung dari nilai True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), dan False Negative (FN). Accuracy adalah perbandingan jumlah prediksi yang benar terhadap seluruh data:

$$\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP) \quad (2)$$

$$\text{Recall} = TP / (TP + FN) \quad (3)$$

$$\text{F1-score} = 2 \times \text{Precision} \times \text{Recall} / (\text{Precision} + \text{Recall}) \quad (4)$$

Kinerja model dievaluasi menggunakan accuracy pada data validasi dari Roboflow, serta accuracy, precision, recall, F1-score, dan confusion matrix pada data uji model klasifikasi cuaca (231 citra). Metrik pada data uji dihitung menggunakan pustaka scikit-learn dengan menjalankan model Roboflow pada setiap citra uji. Pengujian aplikasi dilakukan dengan skenario: (1) gambar cuaca valid untuk tiap kelas, (2) gambar non-cuaca untuk menguji validasi, dan (3) pemeriksaan penyimpanan riwayat. Gambar uji yang digunakan khusus untuk pengujian dan tidak termasuk dalam data pelatihan.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pelatihan Model

Dua model ViT Classification dilatih melalui Roboflow. Hasil akurasi pada data validasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pelatihan Model

Model	Jenis	Jumlah data	Akurasi (validation set)
Validasi citra	ViT Classification	4.856	98,2%
Klasifikasi cuaca	ViT Classification	2.320	95,1%

Model validasi citra mencapai akurasi 98,2%, sedangkan model klasifikasi cuaca mencapai 95,1%. Akurasi model klasifikasi cuaca lebih rendah karena tugasnya lebih sulit, yaitu membedakan lima kelas yang secara visual saling mirip, seperti berawan, mendung, dan kabut, sedangkan validasi hanya membedakan dua kelas.

Grafik pelatihan model klasifikasi cuaca pada Roboflow menunjukkan bahwa training loss turun tajam dari sekitar 1,65 pada awal pelatihan hingga mendekati nol setelah epoch pertama, lalu tetap rendah sampai sekitar epoch ke-14. Akurasi validasi berfluktuasi dan mencapai puncak sekitar 95,1%, sesuai dengan akurasi pada Tabel 3.

Selain akurasi pada data validasi, model klasifikasi cuaca diuji pada data uji (test set) yang terpisah, yaitu 231 citra dari pembagian data Roboflow yang tidak digunakan dalam pelatihan. Pengujian dilakukan dengan menjalankan model yang telah dilatih pada setiap citra uji, kemudian membandingkan kelas prediksi dengan kelas sebenarnya. Model mencapai akurasi 93,94% pada data uji (217 dari 231 citra diklasifikasikan benar). Hasil per kelas ditunjukkan pada Tabel 4 dan confusion matrix pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Model Klasifikasi Cuaca pada Data Uji

Kelas	Precision	Recall	F1-score	Data uji
berawan	0,6667	0,4615	0,5455	13
cerah	0,8571	0,9091	0,8824	33
hujan	0,9762	0,9762	0,9762	84
kabut	0,9737	0,9867	0,9801	75
mendung	0,9259	0,9615	0,9434	26
Macro avg	0,8799	0,8590	0,8655	231
Weighted avg	0,9353	0,9394	0,9361	231

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Tabel 5. Confusion Matrix pada Data Uji

Aktual	berawan	cerah	hujan	kabut	mendung
berawan	6	5	0	0	2
cerah	2	30	1	0	0
hujan	0	0	82	2	0
kabut	0	0	1	74	0
mendung	1	0	0	0	25

Kelas hujan, kabut, dan mendung memiliki F1-score di atas 0,94, sedangkan kelas cerah 0,8824. Kelas berawan paling lemah dengan recall 0,4615 dan F1-score 0,5455: dari 13 citra berawan, hanya 6 yang diklasifikasikan benar, 5 diprediksi cerah, dan 2 diprediksi mendung. Sebaliknya, 2 citra cerah diprediksi berawan. Kesalahan ini terjadi pada kelas yang secara visual berdekatan (langit berawan sebagian dan langit cerah atau mendung) dan sejalan dengan jumlah data berawan yang paling sedikit (127 citra, 5,5% dari dataset). Karena jumlah data uji berawan hanya 13 citra, nilai metrik kelas ini perlu dibaca dengan hati-hati. Akurasi pada data uji (93,94%) sedikit lebih rendah daripada akurasi validasi (95,1%), yang menunjukkan model cukup stabil pada data yang belum pernah dilihat.

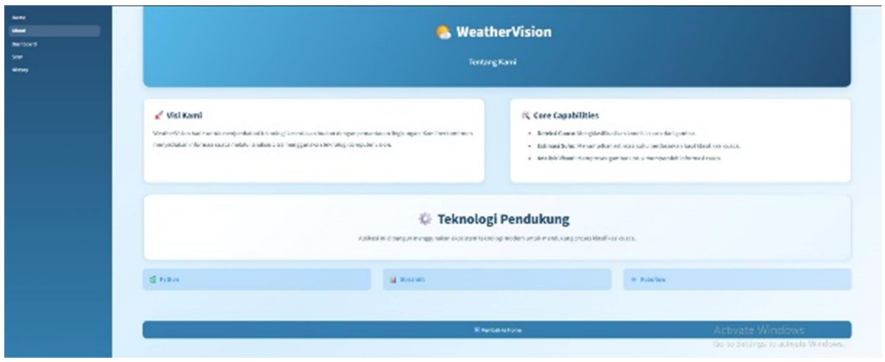
Implementasi Aplikasi

Hasil implementasi berupa aplikasi web dengan lima halaman. Halaman Home (Gambar 2) menampilkan menu utama, halaman About (Gambar 3) menjelaskan tujuan dan teknologi, halaman Scan Cuaca (Gambar 4) menerima gambar dari unggahan atau kamera langsung, halaman Dashboard (Gambar 5) menampilkan ringkasan jumlah scan, cuaca terakhir, rerata suhu dan keyakinan, serta grafik distribusi hasil klasifikasi, dan halaman History (Gambar 6) menyimpan riwayat hasil pemindaian berupa kondisi cuaca, suhu udara, dan tingkat keyakinan.



Gambar 2. Halaman Home
Sumber : Hasil Penelitian 2026

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X



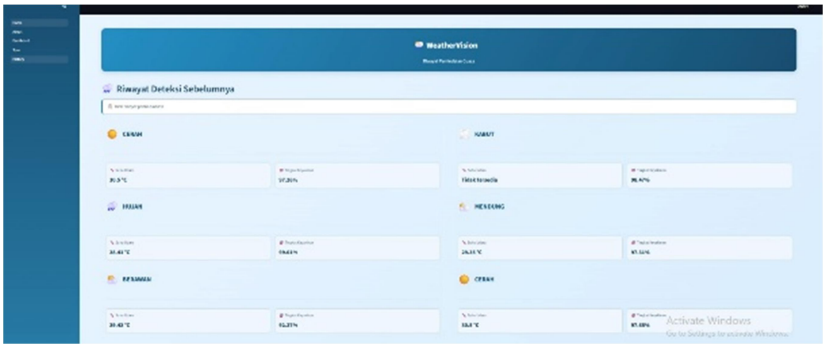
Gambar 3. Halaman About
Sumber : Hasil Penelitian 2026



Gambar 4. Halaman Scan Cuaca
Sumber : Hasil Penelitian 2026



Gambar 5. Halaman Dashboard
Sumber : Hasil Penelitian 2026



Gambar 6. Halaman History
Sumber : Hasil Penelitian 2026

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan memasukkan gambar ke halaman Scan Cuaca. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sistem

No	Skenario	Masukan	Hasil
1	Citra cuaca valid	Foto langit cerah	Cerah, confidence 97,65%
2	Citra cuaca valid	Foto langit berawan	Berawan, confidence 92,27%
3	Citra cuaca valid	Foto langit mendung	Mendung, confidence 97,31%
4	Citra cuaca valid	Foto hujan	Hujan, confidence 99,01%
5	Citra cuaca valid	Foto kabut	Kabut, confidence 98,47%; estimasi suhu tidak tersedia
6	Citra non-cuaca	Ilustrasi anime	Ditolak oleh validasi

Pada pengujian dengan gambar non-cuaca (baris 6 pada Tabel 6), sistem menampilkan pesan bahwa gambar bukan gambar cuaca dan tidak melanjutkan ke tahap klasifikasi.

Pembahasan

Validasi citra. Pengujian dengan gambar ilustrasi anime (salah satu jenis objek pada kelas non-cuaca) menunjukkan bahwa tahap validasi menolak gambar non-cuaca sehingga sistem tidak memberikan hasil klasifikasi cuaca yang menyesatkan. Hal ini mendukung alasan penambahan tahap validasi pada arsitektur tiga tahap.

Klasifikasi cuaca. Pada pengujian dengan satu gambar untuk setiap kelas, model mengklasifikasikan kelima kelas dengan benar dengan confidence antara 92,27% dan 99,01%. Pengujian fungsional ini dilengkapi evaluasi pada 231 citra uji (Tabel 4). Distribusi kelas pada dataset tidak seimbang (hujan 38,9%, kabut 29,4%, cerah 15,2%, mendung 11,1%, berawan 5,5%), sehingga model berpotensi lebih baik pada kelas dengan data lebih banyak.

Estimasi suhu. Estimasi suhu tidak dihasilkan oleh model machine learning, melainkan dihitung dari dataset suhu berdasarkan kelas cuaca hasil klasifikasi. Sebagai contoh, kelas Cerah menghasilkan suhu rerata 30,5 °C (rata-rata tmin 26,03 °C dan tmax 34,78 °C) tanpa curah hujan, kelas Berawan 29,42 °C, kelas Mendung 29,35 °C, dan kelas Hujan 28,41 °C (rata-rata tmin 25,15 °C dan tmax 32,12 °C) dengan curah hujan rata-rata 17,13 mm.

Keterbatasan. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan sebagai berikut.

1. Dataset suhu tidak memuat kelas kabut, sehingga sistem menampilkan pesan bahwa estimasi suhu untuk kabut belum tersedia. Data suhu juga hanya mencakup 366 baris, dengan kelas cerah hanya 9 baris, sehingga estimasi untuk kelas tersebut kurang representatif.
2. Distribusi kelas pada dataset cuaca tidak seimbang.
3. Data uji kelas berawan hanya 13 citra sehingga metrik kelas tersebut kurang stabil, dan pengujian dilakukan pada satu pembagian data (tanpa validasi silang).
4. Model dijalankan melalui API cloud sehingga membutuhkan koneksi internet.
5. Estimasi suhu merupakan nilai berbasis data historis per kelas cuaca, bukan prediksi suhu aktual dari citra.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

SIMPULAN

1. Model Vision Transformer (ViT) berhasil diimplementasikan untuk klasifikasi kondisi cuaca ke dalam lima kelas, yaitu berawan, cerah, hujan, kabut, dan mendung, dengan akurasi 95,1% pada data validasi.
2. Model ViT untuk validasi citra mencapai akurasi 98,2% pada data validasi dan mampu menolak gambar non-cuaca sebelum proses klasifikasi.
3. Model klasifikasi cuaca mencapai akurasi 93,94% pada data uji (231 citra), dengan kelas berawan sebagai kelas terlemah (F1-score 0,5455) akibat kemiripan visual dengan kelas cerah dan mendung serta jumlah data yang paling sedikit.
4. Sistem berhasil diintegrasikan dalam aplikasi web berbasis Python dan Streamlit yang menyediakan fitur unggah gambar, kamera langsung, estimasi suhu, dashboard, dan riwayat hasil pemindaian.
5. Estimasi suhu dihasilkan dari dataset suhu berdasarkan kelas cuaca hasil klasifikasi.

Saran

1. Melengkapi dataset suhu dengan kelas kabut dan memperjelas aturan pelabelan kondisi cuaca.
2. Menambah dan menyeimbangkan jumlah data pada kelas berawan, mendung, dan cerah.
3. Meningkatkan kinerja kelas berawan dengan menambah data, memperjelas kriteria pelabelan terhadap kelas cerah dan mendung, serta mengevaluasi model pada data uji yang lebih besar.
4. Mengembangkan estimasi suhu menjadi model prediksi yang memanfaatkan data cuaca lebih lengkap.
5. Menguji aplikasi dengan lebih banyak pengguna dan kondisi pengambilan gambar yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

(Rangel et al., 2024). (2024). *Decision Support Systems*. *184*(June). https://doi.org/10.1016/j.dss.2024.114276

Akkem, Y., Biswas, S. K., & Varanasi, A. (2023). *Streamlit Application for Advanced Ensemble Learning Methods in Crop Recommendation Systems – A Review*.

Buwana, G. A., Fauzan, M. N., Informatika, T., Vokasi, F., Logistik, U., & Bisnis, D. (2026). *RAYA BERBASIS CITRA CCTV MENGGUNAKAN VISION*. *11*(1).

Ciaglia, F., Zuppichini, F. S., Guerrie, P., Mcquade, M., & Solawetz, J. (2022). *Roboflow 100: A Rich, Multi-Domain Object Detection Benchmark*.

Dosovitskiy dkk., 2021. (2021). *A i w 16 16 w : t i r s*.

Halder, A., Gharami, S., Sadhu, P., Singh, P. K., Woźniak, M., & Ijaz, M. F. (2024). Implementing vision transformer for classifying 2D biomedical images. *Scientific Reports*, 1–19. https://doi.org/10.1038/s41598-024-63094-9

Li, J., & Luo, X. (2023). (2023). *A Study of Weather-Image Classification Combining VIT and a Dual Enhanced-Attention Module*.

Meng, C. (2024). *Weather forecast image classification based on KNN , CNN , and VGG19*. *0*, 167–176. https://doi.org/10.54254/2755-2721/76/20240583

Zhang, A., Lipton, Z. C., Li, M. U., & Alexander, J. (2023). *Dive into Deep Learning*.

Zhang, Y., Li, X., Chen, W., & Zang, Y. (2024). Image Classification Based on Low-Level Feature Enhancement and Attention Mechanism. *Neural Processing Letters*, *56*(4), 1–20. https://doi.org/10.1007/s11063-024-11680-3