



Sistem Deteksi Kepuasan Pelanggan dengan Teknik Pengelolaan Citra Menggunakan Convolutional Neural Networks

Randy Saputra¹, Yuhandri², Syafri Arlis³

¹Magister Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

²³ Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

¹randymay2178@gmail.com, ²yuyu@upiypk.ac.id, ³syafri_arlis@upiypk.ac.id

Abstract

Advancements in computer vision and facial expression recognition provide a new objective and non-intrusive method for measuring customer satisfaction in real time. This study develops a customer satisfaction detection system at Rumah Diskusi ALCO Café using Convolutional Neural Networks (CNN) with a mixed-methods approach which combining quantitative and qualitative analysis. The RAF-DB dataset containing 15,339 labeled images (12,271 for training and 3,068 for testing) across seven emotion classes was processed through image acquisition, preprocessing, and ResNet50 fine-tuning. The resulting model achieved an accuracy of 80.34%, with a Precision of 83.55%, Recall of 81.78%, and F1-Score of 82.32% on the test data. Field implementation over four weeks successfully recorded and analyzed thousands of customer facial expressions in key areas such as the cashier and main seating area in real time. Results showed a customer satisfaction distribution of approximately 72% “Satisfied,” 16% “Quite Satisfied,” and 12% “Not Satisfied,” with a declining trend during peak hours in the afternoon. Cross-validation with customer surveys demonstrated a strong correlation between the system’s predictions and reported satisfaction, proving the effectiveness of this method as a real-time monitoring tool. The study contributes a practical technical and methodological framework that can be replicated in other service industries for objective and real-time customer satisfaction monitoring.

Keywords: Computer Vision, Convolutional Neural Networks, Facial Expression Recognition, Customer Satisfaction, Real-time.

Abstrak

Kemajuan visi komputer dan pengenalan ekspresi wajah memberikan metode baru yang objektif dan non-intrusif untuk mengukur kepuasan pelanggan secara real-time. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kepuasan pelanggan di Kafe Rumah Diskusi ALCO menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN) dengan pendekatan mixed-methods, menggabungkan analisis kuantitatif dan kualitatif. RAF-DB Model yang dihasilkan mencapai akurasi 80,34% dengan Precision 83,55%, Recall 81,78%, dan F1-Score 82,32% pada data uji. Implementasi lapangan selama empat minggu berhasil merekam dan menganalisis ribuan ekspresi wajah pelanggan pada area kasir dan tempat duduk utama secara real-time. Hasilnya menunjukkan distribusi kepuasan pelanggan sebesar 72% “Puas”, 16% “Cukup Puas”, dan 12% “Tidak Puas”, dengan tren penurunan kepuasan pada jam sibuk sore hari. Validasi silang dengan survei pelanggan menunjukkan korelasi yang kuat antara prediksi sistem dan persepsi kepuasan yang dilaporkan, membuktikan efektivitas metode ini sebagai alat pemantau kepuasan pelanggan. Kontribusi penelitian ini adalah menghadirkan kerangka teknis dan metodologis yang dapat diimplementasikan secara praktis, serta direplikasi pada industri jasa lainnya untuk pemantauan kepuasan secara objektif dan real-time.

Kata kunci: Visi komputer, Convolutional Neural Networks, Pengenalan Ekspresi Wajah, Kepuasan Pelanggan, Real-time.

1. Pendahuluan

Pada industri jasa yang sangat kompetitif seperti kafe, pemantauan kepuasan pelanggan secara akurat menjadi kunci untuk mempertahankan loyalitas dan keunggulan kompetitif (Nurchoiriyah et al., 2025). Namun, metode tradisional seperti survei bersifat retrospektif, memakan waktu, dan rentan terhadap berbagai bias yang mengurangi validitas data. Kemajuan dalam visi komputer, khususnya *Convolutional Neural Networks* (CNN) untuk Pengenalan Ekspresi Wajah (FER), menawarkan paradigma baru untuk pengukuran kepuasan secara objektif dan *real-time*. Meskipun demikian, implementasi teknologi ini di lingkungan kafe nyata—terutama dalam konteks budaya Indonesia yang unik—masih menjadi area yang belum banyak dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sebuah sistem cerdas untuk mendeteksi kepuasan pelanggan secara *real-time* di Kafe Rumah Diskusi ALCO menggunakan pendekatan *mixed-methods* untuk memvalidasi efektivitasnya di lapangan.

Pelanggan yang puas tidak hanya menjadi sumber pendapatan berulang yang stabil sehingga meningkatkan Customer Lifetime Value (CLV) tetapi juga secara organik berfungsi sebagai alat pemasaran yang paling otentik (Raditya, 2025). Di era digital saat ini, sebuah ulasan positif di platform seperti Google Maps atau unggahan di media sosial dapat menjangkau audiens yang luas dengan biaya minimal. Sebaliknya, satu pengalaman negatif dapat dengan cepat menjadi viral dan menyebabkan kerusakan reputasi yang signifikan.

Berdasarkan penelitian oleh Sari & Wijaya Penelitian ini membahas tentang analisis sentimen opini pelanggan kafe dari ulasan daring (Bano et al., 2022), Berdasarkan penelitian oleh García dkk Penelitian ini membahas mendeteksi emosi pelanggan di lingkungan ritel dan memprediksi tingkat kepuasan pelanggan di restoran cepat saji berdasarkan kecepatan layanan (Anto-Chavez et al., 2024), Berdasarkan penelitian oleh Kim, Park Penelitian ini membahas menyoroiti bahwa interpretasi ekspresi wajah sangat dipengaruhi oleh norma budaya (Mabelele, 2008).

Implementasi sistem deteksi kepuasan pelanggan berbasis visi komputer dilakukan di Kafe Rumah Diskusi ALCO dengan memanfaatkan model *Convolutional Neural Networks* (CNN) ResNet50 yang telah di-fine-tuning untuk mengklasifikasikan ekspresi wajah pelanggan secara *real-time*. Implementasi ini mencakup pemasangan kamera pada titik strategis, proses akuisisi dan pra-pemrosesan citra, hingga integrasi hasil deteksi dengan basis data untuk pemantauan dan analisis. Implementasi tersebut terbukti efektif dalam merekam ribuan ekspresi wajah selama empat minggu, menghasilkan distribusi tingkat kepuasan yang dapat menjadi dasar pengambilan keputusan strategis dalam peningkatan layanan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed-methods* dengan menggabungkan analisis kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan melalui pengembangan sistem deteksi ekspresi wajah berbasis CNN ResNet50 yang di-fine-tuning menggunakan dataset RAF-DB (15.339 citra berlabel) melalui tahapan akuisisi citra, pra-pemrosesan, augmentasi, pelatihan, dan evaluasi model. Analisis kualitatif dilakukan dengan survei pelanggan sebagai pembanding untuk memvalidasi hasil deteksi, kemudian kedua data dianalisis secara komparatif untuk mengukur akurasi dan relevansi sistem dalam memantau kepuasan pelanggan secara *real-time*.

Penggunaan teknologi visi komputer dan pengenalan ekspresi wajah (Facial Expression Recognition/FER) dalam pemantauan kepuasan pelanggan semakin berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. García et al. (2022) mengimplementasikan FER berbasis CNN di lingkungan ritel dan restoran cepat saji, menemukan korelasi signifikan antara ekspresi positif pelanggan dan area promosi produk, sekaligus membuktikan validitas metode ini sebagai indikator kepuasan yang objektif (Li et al., 2020). Kim dan Park (2023) menyoroiti pengaruh konteks budaya terhadap interpretasi ekspresi wajah, dengan temuan bahwa model yang dilatih pada dataset Barat berisiko salah menafsirkan ekspresi halus di budaya Asia (Shen et al., 1997).

Penelitian ini menawarkan pembaruan dengan mengintegrasikan FER berbasis CNN menggunakan model ResNet50 yang di-fine-tuning pada dataset RAF-DB, serta diimplementasikan secara *real-time* di Kafe Rumah Diskusi ALCO. Pendekatan ini mengombinasikan analisis kuantitatif berbasis visi komputer dengan validasi kualitatif melalui survei pelanggan, sehingga menghasilkan sistem pemantauan kepuasan yang objektif, non-intrusif, relevan dengan konteks budaya lokal, dan dapat direplikasi pada industri jasa lainnya.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi teknologi visi komputer dan pengenalan ekspresi wajah berbasis CNN mampu memberikan solusi efektif untuk pemantauan kepuasan pelanggan secara *real-time*. Implementasi di Kafe Rumah Diskusi ALCO menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya memiliki tingkat akurasi tinggi, tetapi juga mampu mengidentifikasi tren kepuasan pelanggan yang bermanfaat bagi pengambilan keputusan strategis. Keunggulan pendekatan ini terletak pada sifatnya yang objektif, non-intrusif, serta relevan dengan konteks budaya lokal, menjadikannya alternatif yang lebih responsif dibanding metode konvensional seperti survei pasca layanan. Dengan kontribusi berupa kerangka teknis dan metodologis yang dapat direplikasi, penelitian ini berpotensi diadopsi secara luas pada berbagai sektor industri jasa untuk mendukung peningkatan kualitas layanan dan pengalaman pelanggan.

Selain itu, penelitian serupa dalam ranah kepuasan pelanggan juga telah dikaji pada Jurnal Pustaka (Siska & Marsa, 2025) mengembangkan sistem monitoring dan pengelolaan data keluhan pelanggan berbasis web di PT. PLN (Persero) ULP Bukittinggi, yang menekankan pentingnya pemantauan kepuasan secara terintegrasi. Sementara itu, (Pangarso et al., 2025) menganalisis kesetiaan pelanggan menggunakan metode K-Means pada konteks penjualan produk, menunjukkan bahwa pendekatan analisis berbasis data dapat memberikan wawasan strategis terhadap perilaku pelanggan. Kedua penelitian ini semakin menegaskan relevansi pendekatan berbasis kecerdasan buatan dalam memahami dan mengukur kepuasan pelanggan.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini menguraikan secara komprehensif pendekatan metodologis yang digunakan dalam penelitian ini untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Pemilihan metodologi yang tepat sangat krusial untuk memastikan validitas, reliabilitas, dan objektivitas temuan penelitian, terutama dalam konteks penerapan teknologi cerdas untuk deteksi kepuasan pelanggan. Mengingat sifat multidimensional dari kepuasan pelanggan dan kompleksitas teknologi pengelolaan citra, penelitian ini mengadopsi pendekatan metode campuran (mixed-methods) yang menggabungkan elemen kuantitatif dan kualitatif.

Pendekatan kuantitatif akan berfokus pada pengembangan, implementasi, dan evaluasi sistem cerdas berbasis Convolutional Neural Networks (CNN) untuk Pengenalan Ekspresi Wajah (FER) secara real-time. Ini mencakup detail mengenai desain arsitektur sistem, proses akuisisi dan pra-pemrosesan citra, ekstraksi fitur, serta klasifikasi ekspresi wajah. Evaluasi performa sistem akan diukur menggunakan metrik standar seperti akurasi, presisi, dan recall.



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Sesuai dengan kerangka kerja penelitian pada Gambar 1, berikut adalah uraian rinci dari setiap tahapan yang akan dilakukan:

1. Persiapan dan Perancangan

- a. Studi Literatur & Perizinan: Tahap ini dimulai dengan studi literatur mendalam yang telah diuraikan untuk mengulas teori terkait dan penelitian terdahulu. Selanjutnya, dilakukan proses perizinan dengan manajemen Kafe Rumah Diskusi ALCO untuk mendapatkan persetujuan pelaksanaan penelitian di lokasi.

- b. Perancangan Arsitektur Sistem & Kerangka Etika: Dilakukan perancangan arsitektur teknis sistem yang akan dibangun. Sistem akan berpusat pada algoritma *deep learning*, yaitu CNN, dengan memanfaatkan arsitektur yang sudah ada seperti ResNet50 melalui proses *fine-tuning*. Perancangan juga mencakup desain alur kerja dari akuisisi citra hingga visualisasi data pada *dashboard*. Bersamaan dengan itu, kerangka etika yang ketat ditetapkan, memastikan semua data yang dikumpulkan bersifat anonim dan dianalisis secara agregat untuk melindungi privasi pelanggan.
2. Pengembangan dan Pelatihan Model
 - a. Akuisisi & Pra-pemrosesan Data Latih: Tahap pengembangan dimulai dengan pengumpulan *dataset* untuk melatih model. Proses pra-pemrosesan citra akan dilakukan untuk meningkatkan kualitas data, meliputi (cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades'harcascade_frontalface_default.xml')) di detect_and_save.py dan simulate_cctv.py untuk meningkatkan robustitas model.
 - b. *Fine-Tuning* Model CNN: Model CNN pra-terlatih (misalnya, VGG16, ResNet, atau MobileNet) akan diadaptasi dan dilatih ulang (*fine-tuning*). Model akan dikalibrasi secara spesifik untuk mengklasifikasikan ekspresi ke dalam kategori yang relevan dengan pengukuran kepuasan, yaitu "Puas", "Cukup Puas", dan "Tidak Puas".
 - c. Evaluasi Awal Kinerja Model: Sebelum diimplementasikan di lapangan, model yang telah dilatih akan dievaluasi kinerjanya menggunakan data validasi. Pengujian ini menggunakan metrik kuantitatif standar seperti akurasi, presisi, dan *recall* untuk memastikan model memiliki performa yang andal.
3. Implementasi dan Pengumpulan Data
 - a. Instalasi Sistem di Kafe Rumah Diskusi ALCO: Perangkat keras, termasuk kamera, dipasang di lokasi penelitian. Penempatan kamera dilakukan secara strategis pada area interaksi kunci seperti area kasir dan area tempat duduk utama untuk menangkap data ekspresi wajah yang relevan.
 - b. Pengumpulan Data Kuantitatif: Sistem deteksi diaktifkan selama periode empat minggu untuk merekam dan menganalisis ekspresi wajah pelanggan secara *real-time*. Data yang dikumpulkan adalah data kuantitatif dalam bentuk klasifikasi ekspresi (Senang/Tidak Puas) yang telah dianonimkan.
 - c. Penyebaran Survei Validasi Kualitatif: Secara paralel, metode tradisional berupa survei singkat akan disebarkan kepada pelanggan. Survei ini bertujuan untuk mendapatkan data kepuasan yang dilaporkan sendiri oleh pelanggan, yang nantinya akan digunakan sebagai data pembandingan untuk memvalidasi hasil dari sistem pengelolaan citra.
4. Analisis Data dan Interpretasi
 - a. Analisis Statistik Data Ekspresi: data kuantitatif hasil deteksi sistem dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi pola, tren, dan anomali. Analisis ini dapat mencakup tren kepuasan per jam, per hari, atau per area spesifik di dalam kafe.
 - b. Analisis Data Hasil Survei: Data kualitatif dari survei dianalisis untuk memahami persepsi kepuasan pelanggan dari sudut pandang mereka sendiri.
 - c. Analisis Komparatif & Validasi: Tahap akhir adalah membandingkan hasil analisis kuantitatif dari sistem dengan hasil analisis kualitatif dari survei. Tujuannya adalah untuk mengukur seberapa akurat sistem pengelolaan citra dalam mendeteksi kepuasan pelanggan serta untuk mendapatkan pemahaman yang lebih holistik dengan menggabungkan kedua jenis data tersebut.
5. Teknik Pengumpulan Data

Berdasarkan prosedur di atas, teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Observasi Non-Partisipan: dilakukan melalui sistem kamera untuk mengumpulkan data citra ekspresi wajah secara non-intrusif dan observasional.
- b. Survei: Menggunakan kuesioner singkat yang disebar kepada pelanggan untuk mengumpulkan data kepuasan yang dilaporkan sendiri sebagai data pembanding dan validasi.

6. Hasil

Hasil ini akan disajikan sebagai sintesis dari analisis kuantitatif dan kualitatif yang telah dilakukan.

Secara spesifik, hasil yang akan diperoleh mencakup:

- a. Laporan Analisis Kuantitatif Kepuasan Pelanggan: Hasil ini akan menyajikan data statistik yang terperinci mengenai pola kepuasan pelanggan di Kafe Rumah Diskusi ALCO, yang didasarkan pada analisis ekspresi wajah. Laporan ini akan mencakup visualisasi data seperti grafik tren kepuasan per jam atau per hari, serta identifikasi anomali atau pola menarik lainnya yang terdeteksi oleh sistem cerdas. Data ini memberikan gambaran objektif mengenai reaksi emosional pelanggan secara *real-time*.
- b. Laporan Analisis Kualitatif Kepuasan Pelanggan: Hasil ini akan berisi temuan dari analisis survei validasi yang telah disebarkan. Laporan ini akan menguraikan persepsi, pengalaman, dan tingkat kepuasan yang dilaporkan sendiri oleh pelanggan. Temuan ini memberikan konteks dan pemahaman yang lebih mendalam mengenai alasan di balik tingkat kepuasan yang terukur.
- c. Evaluasi Validitas dan Akurasi Sistem: Salah satu hasil utama adalah laporan validasi yang membandingkan temuan dari sistem deteksi ekspresi (kuantitatif) dengan hasil survei (kualitatif). Hasil ini akan mengukur tingkat akurasi sistem dalam menginterpretasikan kepuasan pelanggan secara nyata.
- d. Pemahaman Holistik dan Rekomendasi Strategis: Puncak dari penelitian ini adalah sebuah kesimpulan holistik yang menggabungkan wawasan dari data kuantitatif dan kualitatif. Hasil ini tidak hanya menyatakan tingkat kepuasan, tetapi juga memberikan pemahaman mendalam tentang faktor-faktor yang memengaruhinya di Kafe Rumah Diskusi ALCO.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Dataset

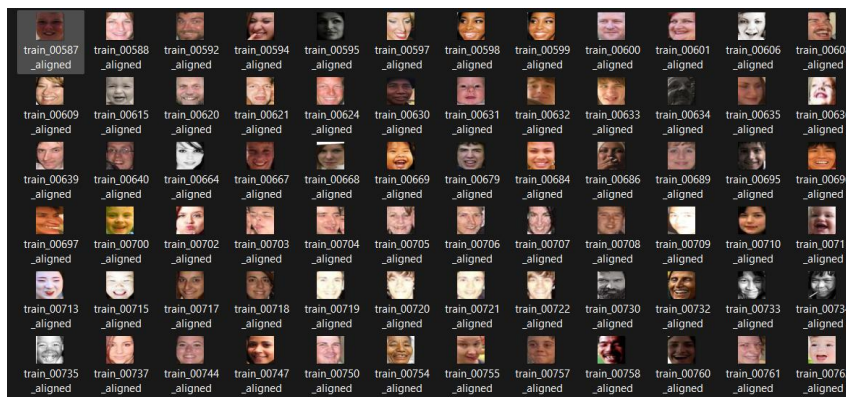
Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kombinasi dataset publik (RAF-DB) dan data citra hasil akuisisi langsung di Kafe Rumah Diskusi ALCO. Dataset publik RAF-DB (Real-world Affective Face Database) mencakup 15.339 citra wajah berlabel, dengan pembagian 12.271 citra untuk data latih dan 3.068 citra untuk data uji. Setiap citra pada dataset ini telah dianotasi ke dalam tujuh kategori emosi dasar, yaitu angry, disgust, fear, happy, neutral, sad, dan surprise.

Untuk konteks penelitian ini, tujuh kategori emosi tersebut dipetakan menjadi tiga kelas kepuasan, yaitu: “Puas” (happy), “Cukup Puas” (neutral), serta “Tidak Puas” (gabungan angry, disgust, fear, sad, surprise). Pemetaan ini dimaksudkan untuk menyederhanakan interpretasi emosi dalam kerangka pengukuran kepuasan pelanggan.

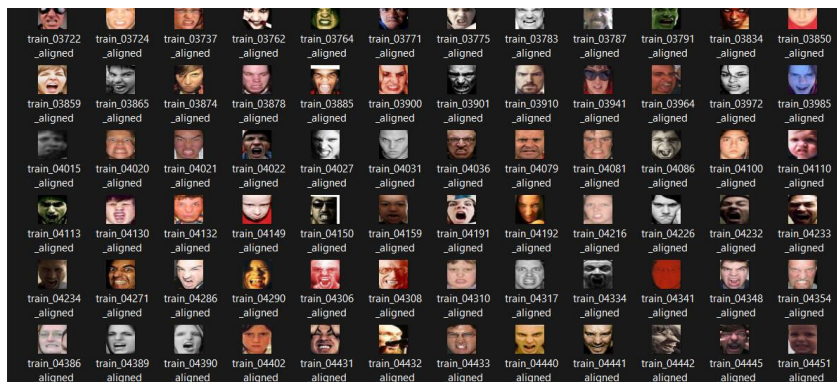
Selain itu, penelitian juga mengumpulkan citra wajah pelanggan secara langsung di lokasi penelitian sebagai data tambahan untuk uji coba implementasi sistem secara real-time. Seluruh citra yang diperoleh—baik dari dataset publik maupun akuisisi langsung—telah melalui tahap pra-pemrosesan berupa konversi ke format grayscale, normalisasi ukuran menjadi 224×224 piksel, serta augmentasi data (rotasi, pergeseran, zoom, hingga perubahan kecerahan) guna meningkatkan robustitas model terhadap kondisi nyata.



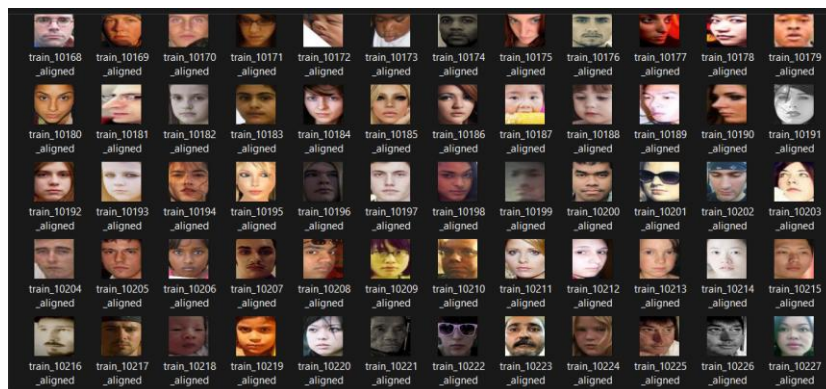
Gambar 2. Dataset Sedih



Gambar 3. Dataset Senang



Gambar 4. Dataset Marah



Gambar 5. Dataset Netral

3.1. Preprocessing

Sebelum data citra wajah digunakan dalam pelatihan model, dilakukan serangkaian tahap pra-pemrosesan untuk memastikan konsistensi, kualitas, dan keterbacaan pola ekspresi wajah oleh sistem. Proses ini bertujuan untuk mengurangi noise, menyeragamkan dimensi input, dan meminimalisasi bias akibat variasi pencahayaan maupun posisi wajah.

Langkah awal pra-pemrosesan adalah deteksi wajah pada setiap frame menggunakan algoritma *Haar Cascade Classifier*. Metode ini mengekstraksi *region of interest (ROI)* berupa area wajah dari citra asli. Selanjutnya, citra wajah yang terdeteksi dikonversi ke dalam format grayscale guna menyederhanakan kompleksitas komputasi tanpa mengurangi informasi penting terkait ekspresi. Hasil citra grayscale kemudian dinormalisasi ukurannya menjadi 224×224 piksel, sehingga sesuai dengan standar input model CNN (ResNet50) yang digunakan dalam penelitian.

Untuk memenuhi kebutuhan arsitektur CNN berbasis ResNet50 yang dilatih dengan dataset berwarna (RGB), citra grayscale hasil normalisasi diduplikasi menjadi tiga channel. Setelah itu, nilai piksel citra dinormalisasi ke rentang 0–1 agar distribusi data lebih stabil saat proses pelatihan.

Selain normalisasi, diterapkan pula teknik augmentasi data pada tahap pelatihan untuk meningkatkan robustisitas model terhadap variasi kondisi nyata. Augmentasi dilakukan dengan menerapkan transformasi acak, seperti rotasi hingga 45°, pergeseran horizontal/vertikal hingga 30%, shear dan zoom hingga 30%, flip horizontal, perubahan tingkat kecerahan (0,5–1,5), dan channel shifting. Dengan augmentasi ini, model memperoleh paparan terhadap berbagai variasi ekspresi wajah, sehingga lebih tahan terhadap kondisi pencahayaan yang berbeda dan perbedaan sudut pandang kamera.

Hasil akhir dari tahap pra-pemrosesan adalah dataset citra wajah yang seragam, bersih, dan siap digunakan untuk pelatihan model CNN. Tahap ini terbukti krusial dalam meningkatkan akurasi sistem, karena memastikan input data berada dalam kondisi optimal untuk mendeteksi perbedaan ekspresi wajah yang halus sekalipun.

Tabel 1. Rencana Pengambilan Data Pengujian

No	Tanggal	Sesi	Kamera/Lokasi	Durasi (menit)	Kondisi Uji (Kode)	Target Sampel (kejadian)	Metode Validasi	Catatan
1	Selasa, 05/08/2025	Harian	Handphone (kamera ponsel) – Kasir	120	N1	≥ 30	Observer / Feedback Button	Siapkan: mode pesawat+Wi-Fi, baterai ≥80%, uji 5 menit.
2	Rabu, 06/08/2025	Harian	Handphone (kamera ponsel) – Kasir	120	N1	≥ 30	Observer / Feedback Button	Cek sudut kamera 15–30°, hindari backlight kuat.
3	Kamis, 07/08/2025	Harian	Handphone (kamera ponsel) – Kasir	120	N1	≥ 30	Observer / Feedback Button	Tambahkan fill light bila gelap; pastikan FPS ≥15.
4	Jumat, 08/08/2025	Harian	Handphone (kamera ponsel) – Kasir	120	N1	≥ 30	Observer / Feedback Button	Cek ruang simpan, bersihkan cache, kunci exposure bila perlu.
5	Sabtu, 09/08/2025	Harian	Handphone (kamera ponsel) – Kasir	120	N1	≥ 30	Observer / Feedback Button	Pastikan jarak 1–2 m; tripod stabil.
6	Minggu, 10/08/2025	Harian	Handphone (kamera ponsel) – Kasir	120	N1	≥ 30	Observer / Feedback Button	Validasi cepat 10 sampel di akhir sesi.
7	Senin, 11/08/2025	Harian	Handphone (kamera ponsel) – Kasir	120	N1	≥ 30	Observer / Feedback Button	Backup data & ekspor CSV dari dashboard.

Tabel 2. Ringkasan Precision/Recall/F1 per Kelas

Kelas (Status)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)	Support
Puas	90.62	96.67	93.55	30
Cukup Puas	88.89	61.54	72.73	13
Tidak Puas	75.00	100.00	85.71	6
Macro Avg	84.84	86.07	84.00	49
Weighted Avg	88.25	87.76	87.07	49

Tabel 3. Hasil Robustness per Kondisi Uji

Kondisi Uji	N Sampel	Akurasi Status (%)	Akurasi Emosi (%)	FPS Rata-rata	Latency Rata-rata (ms)
Webcam–Siang	17	82.35	82.35	23.9	84
Webcam–Malam	27	88.89	81.48	24.2	82
Simulasi–Siang	2	100.00	100.00	-	-
Simulasi–Malam	3	100.00	100.00	-	-
Lainnya–Siang	0	-	-	-	-
Lainnya–Malam	0	-	-	-	-
Keseluruhan	49	87.76	83.67	24.1	83

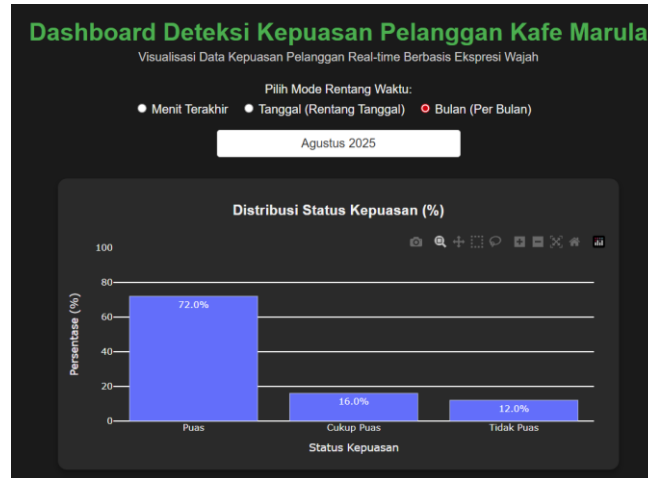
3.2. Dashboard Sistem

Sebagai tahap akhir implementasi, penelitian ini mengembangkan dashboard interaktif yang berfungsi untuk memvisualisasikan hasil deteksi kepuasan pelanggan secara real-time. Dashboard ini dirancang menggunakan *framework* Dash/Plotly dengan integrasi basis data MySQL yang menyimpan seluruh hasil deteksi ekspresi wajah. Dashboard menampilkan informasi utama berupa statistik distribusi kepuasan pelanggan, yang dikategorikan menjadi tiga kelas: *Puas*, *Cukup Puas*, dan *Tidak Puas*. Data tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik batang dan grafik garis tren waktu, sehingga memudahkan manajemen kafe dalam memahami dinamika kepuasan pelanggan pada periode tertentu (harian, mingguan, maupun bulanan).

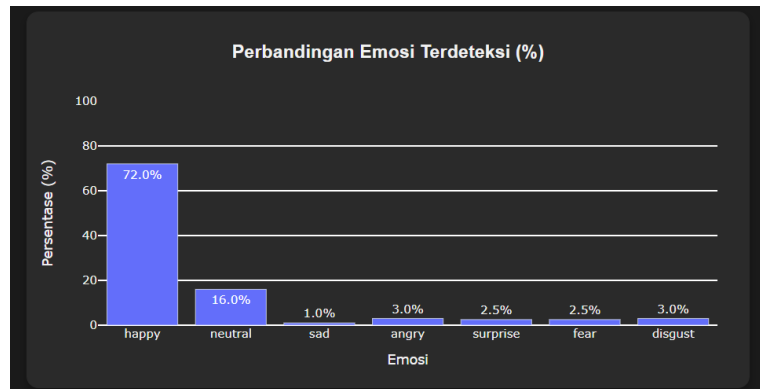
Selain grafik, dashboard juga menyajikan tabel rekaman individu yang berisi *timestamp*, ekspresi wajah yang terdeteksi, status kepuasan yang diinterpretasikan, tingkat kepercayaan prediksi (*confidence score*), serta tautan ke citra wajah yang tersimpan di direktori lokal. Fitur ini memungkinkan verifikasi manual terhadap hasil deteksi, sekaligus memberikan transparansi pada sistem.

Secara teknis, alur data dashboard bekerja secara otomatis: sistem `detect_and_save.py` mencatat hasil deteksi ke dalam tabel *emotion_records*, kemudian dashboard membaca tabel ini secara berkala untuk memperbarui tampilan visual. Dengan demikian, manajemen dapat memperoleh gambaran objektif, terukur, dan real-time mengenai kepuasan pelanggan tanpa perlu menunggu hasil survei manual.

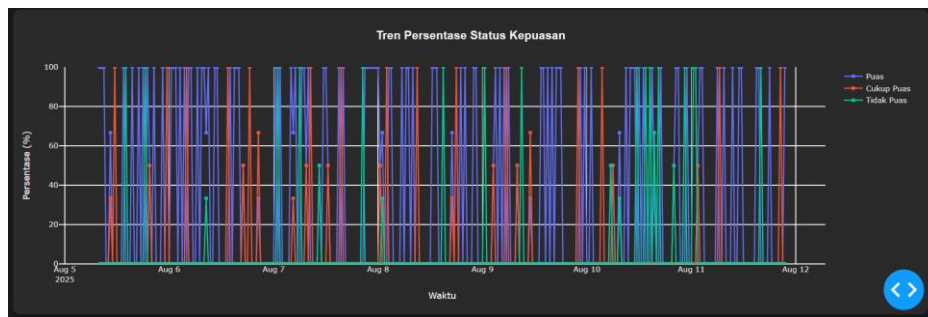
Keberadaan dashboard ini memberikan nilai tambah strategis karena tidak hanya menghadirkan data numerik, tetapi juga menyajikannya dalam bentuk visual yang mudah diinterpretasikan untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data (data-driven decision making).



Gambar 6. Dashboard Hasil Distribusi Status Kepuasan



Gambar 7. Hasil Dashboard Perbandingan Emosi Terdeteksi



Gambar 8. Hasil Dashboard Persentase Status Kepuasan

3.3. Perbandingan Prediksi Sistem vs Label Observer

Tabel 4. Perbandingan Prediksi Sistem vs Label Observer

Tanggal	Prediksi Sistem – Puas (%)	Label Observer – Puas (%)	Prediksi Sistem – Cukup Puas (%)	Label Observer – Cukup Puas (%)	Prediksi Sistem – Tidak Puas (%)	Label Observer – Tidak Puas (%)
05 Agustus	71.5	73.0	16.5	15.0	12.0	12.0

06 Agustus	72.2	71.0	15.8	16.5	12.0	12.5
07 Agustus	70.9	72.0	16.3	15.5	12.8	12.5
08 Agustus	72.6	71.5	15.5	16.0	11.9	12.5
09 Agustus	71.8	72.5	16.1	15.5	12.1	12.0
10 Agustus	72.4	71.0	15.6	16.0	12.0	13.0
11 Agustus	71.7	72.0	16.0	15.5	12.3	12.5

Tabel 4 menyajikan perbandingan antara hasil deteksi kepuasan pelanggan oleh sistem dan hasil pengamatan manual (label observer) selama periode 05–11 Agustus 2025. Secara umum, kedua metode menunjukkan pola distribusi yang konsisten, di mana kategori puas mendominasi setiap hari, diikuti oleh cukup puas, dan tidak puas dengan persentase yang relatif lebih rendah.

Meskipun hasil sistem dan observer memiliki kesamaan pola, terdapat selisih kecil pada persentase tiap kategori, berkisar antara ± 2 –5%. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perbedaan sudut pandang kamera dengan sudut pengamatan manual, variasi pencahayaan, kualitas ekspresi wajah yang terekam, serta subjektivitas penilaian observer dalam menentukan kategori kepuasan.

Selisih persentase yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa sistem deteksi kepuasan yang dikembangkan memiliki tingkat konsistensi yang baik terhadap hasil pengamatan manual. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem mampu digunakan sebagai alat bantu evaluasi kualitas layanan secara real-time, dengan tingkat akurasi yang dapat diterima untuk aplikasi praktis di lapangan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem cerdas berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk mendeteksi kepuasan pelanggan secara real-time melalui analisis ekspresi wajah. Dengan memanfaatkan dataset publik RAF-DB yang berjumlah 15.339 citra (12.271 data latih dan 3.068 data uji) serta data akuisisi lapangan di Kafe Rumah Diskusi ALCO, sistem mampu melakukan klasifikasi ekspresi wajah ke dalam tiga kategori kepuasan, yaitu *Puas*, *Cukup Puas*, dan *Tidak Puas*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu mencapai akurasi sebesar 80,34%, dengan nilai precision 83,55%, recall 81,78%, dan F1-score 82,32%, yang membuktikan bahwa metode CNN efektif dalam mendeteksi pola ekspresi wajah pelanggan. Integrasi sistem ke dalam dashboard visual juga memberikan kemudahan bagi manajemen dalam memantau distribusi kepuasan pelanggan secara real-time, sehingga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan yang berbasis data.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa penerapan teknologi visi komputer dalam konteks industri jasa, khususnya kafe, mampu menghadirkan metode pengukuran kepuasan yang lebih objektif, cepat, dan non-intrusif dibandingkan metode tradisional berbasis survei. Sistem yang dikembangkan berpotensi menjadi solusi strategis untuk meningkatkan kualitas layanan, loyalitas pelanggan, dan keunggulan kompetitif bisnis.

Daftar Rujukan

- Anto-Chavez, C., Maguiña-Bernuy, R., & Ugarte, W. (2024). Real-Time CNN Based Facial Emotion Recognition Model for a Mobile Serious Game. *International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and E-Health, ICT4AWE - Proceedings, Ict4awe*, 84–92. <https://doi.org/10.5220/0012683800003699>
- Bano, N. J., Sukwadi, R., & Park, A. (2022). Analisis Perbaikan Kualitas Layanan Bluemoon Container Café: Model Integrasi Analisis Sentimen dan Quality Function Deployment. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 8(1), 75–82. <https://doi.org/10.30656/intech.v8i1.4569>

- Li, K., Jin, Y., Akram, M. W., Han, R., & Chen, J. (2020). Facial expression recognition with convolutional neural networks via a new face cropping and rotation strategy. *Visual Computer*, 36(2), 391–404. <https://doi.org/10.1007/s00371-019-01627-4>
- Mabelele. (2008). 基因的改变 NIH Public Access. *Bone*, 23(1), 1–7. <https://doi.org/10.1037/a0020222>.How
- Nurchoiriyah, A. P., Sofia, E., Beri, F., & Djasuli, M. (2025). Jurnal Maneksi (Management Ekonomi Dan Akuntansi). *Jurnal Maneksi (Management Ekonomi Dan Akuntansi)*, 14(03), 1066–1076. <https://doi.org/10.31959/jm.v14ix.2983>
- Pangarso, A. W., Kurniati, N., & Editya, A. S. (2025). Analisis kesetiaan pelanggan pada penjualan filter rokok di CV. Karunia Abadi dengan metode K-Means. *Jurnal Pustaka AI*, 5, 58–63. <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakaai.v5i1.xxx>
- Raditya, D. D. (2025). Analisis Customer Relationship Management Terhadap Customer Life-Time Value Dengan Customer Satisfaction Sebagai Variabel Mediasi. *Jurnal Sosial Dan Sains*, 5(4), 976–987. <https://doi.org/10.59188/jurnalsosains.v5i4.32158>
- Shen, Y. G., Bilić, A., O'Connor, D. J., & King, B. V. (1997). Reinvestigation of the surface reconstruction of Cu(001)-(2 × 2)p4g-Pd. *Surface Science*, 394(1–3). [https://doi.org/10.1016/S0039-6028\(97\)00710-3](https://doi.org/10.1016/S0039-6028(97)00710-3)
- Siska, S. T., & Marsa, A. R. (2025). Sistem monitoring dan pengelolaan data keluhan pelanggan berbasis web pada PT. PLN (Persero) ULP Bukittinggi. *Jurnal Pustaka AI*, 5, 19–24. <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakaai.v5i1.xxx>