

**RANCANG BANGUN APLIKASI WEB DETEKSI JERAWAT
DAN REKOMENDASI PERAWATAN WAJAH
MENGUNAKAN YOLO
(*YOU ONLY LOOK ONCE*)**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

SUCI FARADILLA

2209020100



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN APLIKASI WEB DETEKSI
JERAWAT DAN REKOMENDASI PERAWATAN
WAJAH MENGGUNAKAN YOLO
(*YOU ONLY LOOK ONCE*)
Nama Mahasiswa : SUCI FARADILLA
NPM : 2209020100
Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)

NIDN. 0117019301

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)

NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizumi, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

RANCANG BANGUN APLIKASI WEB DETEKSI JERAWAT DAN
REKOMENDASI PERAWATAN WAJAH MENGGUNAKAN YOLO
(YOU ONLY LOOK ONCE)

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, April 2026

Yang membuat pernyataan



Suci Faradilla

2209020100

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Suci Faradilla
NPM : 2209020100
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN APLIKASI WEB DETEKSI JERAWAT DAN
REKOMENDASI PERAWATAN WAJAH MENGGUNAKAN YOLO
(*YOU ONLY LOOK ONCE*)

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, April 2026

Yang membuat pernyataan

Suci Faradilla

2209020100

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Suci Faradilla
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 12 Maret 2005
Alamat Rumah : JL.Marelan II PSR.4 Timur GG.Travo
Telepon/Faks/HP :
E-mail :
Instansi Tempat Kerja :
Alamat Kantor :

DATA PENDIDIKAN

SD : SD ISLAM AL-HUDA TAMAT: 2016
SMP : SMPN 20 MEDAN TAMAT: 2019
SMA : BRIGJEND KATAMSO II MEDAN TAMAT: 2022



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fikti.umsu.ac.id>

fikti@umsu.ac.id

[f umsumedan](#)

[i umsumedan](#)

[t umsumedan](#)

[u umsumedan](#)

Berita Acara Pembimbingan Proposal

Nama Mahasiswa : Suci Faradila
Program Studi : Teknologi Informasi
NPM : 2209020100
Judul Penelitian : RANCANG BANGUN APLIKASI WEB DETEKSI
JERAWAT DAN REKOMENDASI PERAWATAN WAJAH MENGGUNAKAN YOLO
(YOU ONLY LOOK ONCE)
Nama Dosen Pembimbing : Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom

Tanggal Bimbingan	Hasil Evaluasi	Paraf Dosen
	Bab 1 Sampai Bab 3	
	Ubah desain ui & ux web bab 3	
	Bab 1 sampai Bab 3	
	Bab 4 dan Bab 5	
	Bab 4	

Medan,.....

Diketahui oleh :
Ketua Program Studi

(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing

(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Rancang Bangun Aplikasi Web Deteksi Jerawat dan Rekomendasi Perawatan Wajah Menggunakan YOLO (You Only Look Once)*” dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Shalawat serta salam tidak lupa selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW, junjungan besar Nabi Muhammad SAW, yang menjadi suri teladan bagi seluruh umat muslim dengan penuh kasih sayang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Dr. Firaahmi Rizky, S.Kom., M.Kom. Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU
4. Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU

5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi sekaligus dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran, perhatian, dan keikhlasan telah membimbing penulis, meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan arahan, nasihat, motivasi, dan semangat kepada penulis dalam setiap proses penyusunan skripsi ini hingga dapat terselesaikan dengan baik.
6. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi
7. Seluruh dosen dan staf Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi yang telah dengan tulus memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, bantuan, serta pelayanan yang baik kepada penulis selama menempuh masa perkuliahan, sehingga penulis dapat belajar, berkembang, dan menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.
8. Ucapan terima kasih ini penulis persembahkan dengan sepuh hati kepada kedua orang tua tercinta, Bapak M. Syahputra dan Umi Fatriawati Dwi Ana, yang selalu menjadi sumber kekuatan, tempat bersandar, dan alasan terbesar penulis untuk terus melangkah. Terima kasih atas cinta yang tulus, doa yang tidak pernah terputus, serta pengorbanan yang tak terhingga dalam setiap langkah kehidupan penulis. Segala dukungan, baik moril maupun materil, yang telah diberikan menjadi cahaya yang menuntun penulis hingga sampai pada titik ini. Tidak ada kata yang mampu menggambarkan betapa besar jasa dan kasih sayang yang telah diberikan. Setiap tetes keringat, setiap doa yang dipanjatkan, dan setiap harapan yang disematkan menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus berjuang dan tidak menyerah dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih untuk selalu berada di sisi penulis dan menjadi alasan bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini hingga memperoleh gelar Sarjana. Pak Umi, anakmu yang manja ini telah tumbuh dewasa dan siap melangkah untuk meraih mimpi-mimpi yang lebih tinggi.

9. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada adik tercinta, Kahfi Arizki, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan keceriaan di setiap proses yang penulis lalui. Terima kasih atas kehadiranmu yang menjadi penyemangat tersendiri bagi penulis untuk terus berjuang dan tidak menyerah dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga apa yang telah penulis capai dapat menjadi inspirasi dan langkah awal untukmu dalam meraih mimpi-mimpi yang lebih tinggi, serta melanjutkan perjuangan menuju masa depan yang lebih baik.
10. Ucapan terima kasih kepada Sahabat penulis yang juga tak kalah penting kehadirannya, Penuy, Myull, Rara, dan Anggi, yang telah menjadi bagian indah dalam perjalanan penulis sejak awal masa menjadi mahasiswa baru. Terima kasih karena telah hadir dalam setiap cerita, mulai dari hari-hari penuh tawa, kebersamaan saat menari bersama, hingga kini sama-sama berjuang menyelesaikan skripsi. Kehadiran kalian bukan hanya sebagai sahabat, tetapi juga sebagai tempat berbagi semangat, keluh kesah, dan kekuatan di saat penulis merasa lelah. Terima kasih karena selalu menemani, mendukung, menghibur, dan berjalan bersama dalam setiap proses yang telah dilalui. Semoga persahabatan ini senantiasa terjaga, dan langkah kita semua selalu dimudahkan untuk meraih mimpi-mimpi terbaik di masa depan.
11. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada teman-teman kelas C1 Para sahabat penulis dibangku perkuliahan yang selalu kebersamai dalam empat tahun ini yang memberikan banyak kenangan indah selama perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan bantuan yang diberikan, terutama saat penulis mengalami kebuntuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah hadir dan memberikan dukungan, semangat, perhatian, serta bantuan kepada penulis, terutama pada masa-masa sulit dan titik terendah dalam proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran dan kebaikan kalian menjadi kekuatan tersendiri bagi

penulis untuk tetap bertahan, bangkit, dan menyelesaikan skripsi ini hingga akhir.

13. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada BTS, khususnya Kim Taehyung (V), yang secara tidak langsung telah menjadi sumber motivasi, semangat, dan penghibur bagi penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Melalui karya, musik, dan kepribadian yang ditunjukkan, penulis mendapatkan kekuatan, inspirasi, serta semangat untuk terus bertahan dan tidak menyerah dalam menghadapi berbagai tantangan. Kehadiran mereka, khususnya Taehyung, menjadi salah satu penyemangat di saat penulis merasa lelah dan jenuh, sehingga penulis dapat kembali bangkit dan melanjutkan perjuangan hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
14. Kepada seseorang yang pernah bersama penulis dan penulis tidak bisa sebutkan namanya. Terimakasih untuk patah hati yang diberikan saat penyusunan tugas akhir ini memberikan cukup motivasi untuk terus maju dan berproses menjadi pribadi yang mengerti arti pengalaman, pendewasaan, sabar dan arti kehilangan sebagai bentuk proses penemuan menghadapi dinamika hidup. Terimakasih telah menjadi bagian menyenangkan sekaligus menyakitkan dari pendewasaan ini.
15. Terakhir, terima kasih kepada gadis manja yang dulu takut melangkah sendirian, yang sering ragu dengan dirinya sendiri, dan yang terkadang merasa tidak cukup kuat menghadapi dunia. Gadis itu adalah saya sendiri, Suci Faradilla, yang biasanya orang memanggil Uci, yang hari ini berhasil membuktikan bahwa dirinya mampu tumbuh dan melewati semuanya.

Terima kasih karena sudah bertahan sejauh ini, sudah melewati banyak hal yang tidak mudah, dan tetap memilih untuk tidak menyerah meskipun sering kali merasa lelah, jatuh, bahkan ingin berhenti. Terima kasih untuk setiap air mata yang jatuh diam-diam, untuk setiap luka yang disimpan sendiri, dan untuk setiap rasa takut yang perlahan berhasil dilawan.

Kini, gadis manja itu telah tumbuh menjadi pribadi yang lebih dewasa, yang mampu berdiri sendiri dan menyelesaikan skripsi ini dengan segala usaha dan perjuangannya. Tidak semua proses berjalan mudah, tidak semua harapan berjalan sesuai rencana, namun kamu tetap bertahan dan itu adalah hal yang sangat luar biasa. Uci, terima kasih karena tidak menyerah. Terima kasih karena sudah sejauh ini. Berbahagialah selalu di mana pun kamu berada, Uci. Rayakan setiap proses dalam hidupmu, teruslah tumbuh menjadi pribadi yang lebih baik, dan bersinarlah di mana pun kamu melangkah. Semoga setiap langkahmu selalu dalam kebaikan, serta selalu berada dalam lindungan dan ridho Allah SWT. Aamiin.

**RANCANG BANGUN APLIKASI WEB DETEKSI JERAWAT DAN
REKOMENDASI PERAWATAN WAJAH MENGGUNAKAN YOLO
(YOU ONLY LOOK ONCE)**

ABSTRAK

Jerawat merupakan salah satu permasalahan kulit yang umum terjadi dan dapat mempengaruhi kondisi fisik maupun psikologis penderitanya. Keterbatasan akses terhadap konsultasi dermatologis mendorong perlunya solusi alternatif yang praktis, cepat dan mudah diakses. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi web deteksi jerawat serta rekomendasi perawatan wajah menggunakan metode YOLOv11 (You Only Look Once). Sistem dikembangkan berbasis web agar pengguna dapat melakukan deteksi melalui unggah gambar maupun kamera secara real-time. Model YOLOv11 digunakan untuk mendeteksi tiga jenis jerawat, yaitu papula, pustula, kistik menggunakan dataset yang telah diproses melalui platform roboflow kemudian hasil deteksi digunakan sebagai dasar dalam pemberian rekomendasi perawatan wajah yang sesuai. Sistem ini diimplementasikan menggunakan Python, FastAPI sebagai (backend), dan antarmuka web terintegrasi untuk proses unggah gambar dan deteksi kamera secara langsung. Hasil pengujian mampu mendeteksi jerawat dengan waktu respons kurang dari 1 detik. Model memperoleh nilai precision 0,20, recall 0,18, mAP@0.5 0,14 dan mAP@0.5:0.95 0,06.

Kata Kunci: Jerawat, YOLOv11, Deteksi Real-time, Aplikasi Web, Perawatan Wajah

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR ACNE
DETECTION AND FACIAL CARE RECOMMENDATIONS USING
YOLO (YOU ONLY LOOK ONCE)**

ABSTRACT

Acne is a common skin condition that can affect both the physical and psychological well-being of individuals. Limited access to dermatological consultations encourages the need for practical, fast, and easily accessible alternative solutions. This study aims to design and develop a web-based application for acne detection and facial care recommendations using the YOLOv11 (You Only Look Once) method. The system is developed as a web-based platform, allowing users to perform detection through image uploads or real-time camera input. The YOLOv11 model is trained to detect three types of acne, namely papules, pustules, and cystic acne, using a dataset processed through the Roboflow platform. The detection results are then used as the basis for providing appropriate facial care recommendations. The system is implemented using Python, FastAPI as the backend, and an integrated web interface for image upload and real-time camera detection. The testing results show that the system is capable of detecting acne in real-time with a response time of less than one second. The model achieves a precision of 0.20, recall of 0.18, mAP@0.5 of 0.14, and mAP@0.5:0.95 of 0.06.

Keywords: Acne, Yolov11, Real-Time Detection, Web Application, Facial Care Recommendations

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	
KATA PENGANTAR.....	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
DAFTAR ISI.....	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR.....	
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	
1.2 Rumusan Masalah	
1.3 Batasan Masalah.....	
1.4 Tujuan Penelitian	
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Jerawat (Acne Vulgaris).....	
2.2 Teknologi Computer Vision.....	
2.3 YOLO (You Only Look Once)	
2.3.1 Persamaan dan Variabel Utama YOLO	
2.3.2 Rumus Transformasi Variabel pada YOLOv11.....	
2.4 Image Processing Dasar dan Tahapan Deteksi dalam Deep Learning.....	
2.5 Object Detection dan Konsep Evaluasi Model	
2.6 Python dan Website.....	
2.7 Penelitian Terdahulu	
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	
3.2 Analysis Gap	
3.3 Analisis Alat Penelitian.....	
3.3.1 Perangkat Keras (hardware)	
3.3.2 Perangkat Lunak (software)	
3.4 Variabel Penelitian	
3.5.2 Flowchart Yolo	
3.5.3 Rancangan UI/UX (User Interface/User Experience).....	
3.7 Jadwal Penelitian.....	
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Gambaran Sistem	
4.2 Implementasi Sistem dan Pelatihan Model YOLOv11	

4.3 Analisis Testing Model Pada Foto dan Real-time	
4.3.1 Pengujian Model pada Foto	
4.3.2 Pengujian Model Secara Real-Time.....	
4.3.3 Evaluasi Respons Sistem	
4.4 Analisis Kinerja Sistem Pendeteksi Jerawat	
4.4.1 Analisi Precision dan Recall	
4.4.2 Analisis Mean Average Precision (mAP)	
4.4.3 Analisis Confusion Matrix	
4.4.4 Analisis Precision-Recall Curve	
4.5 Implementasi Antarmuka Web dan Backend.....	
4.5.1 Integrasi Sistem.....	
4.5.2 Tampilan Antarmuka Web.....	
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	
5.2 Saran.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....
Tabel 4.1 Hasil Metrik Evaluasi Model Training
Tabel 4.2 Hasil Evaluasi Respons Sistem.....

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jerawat (Acne Vulgaris).....
Gambar 2.2 Arsitektur YOLOv11
Gambar 2.3 Penerapan Deep Learning Dalam Pengolahan Citra Digital
Gambar 2.4 Logo Python

Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian Pendeteksi Jerawat Menggunakan YOLO	
Gambar 3.2 Flowchart Pendeteksi Jerawat Menggunakan YOLO	
Gambar 3.3 UseCase Pengguna Website Pendeteksi Jerawat	
Gambar 3.4 UseCase Admin Pendeteksi Jerawat	
Gambar 4.1 Confusion Matrix Hasil Model Training.....	
Gambar 4.2 Kurva Precision-Recall Model Training	
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Model pada Foto	
Gambar 4.4 Rekomendasi Produk Pengujian Model pada Foto	
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Model Secara Real-Time	
Gambar 4.6 Rekomendasi Produk Pengujian Model Secara Real-Time	
Gambar 4.7 Tampilan Antarmuka Utama Web	
Gambar 4.8 Tampilan Kamera Analisis Jerawat.....	
Gambar 4.9 Tampilan Hasil Kamera Analisis Jerawat	
Gambar 4.10 Tampilan Halaman Contact GlowCare	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Jerawat merupakan salah satu jenis penyakit kulit yang umum terjadi pada berbagai kalangan masyarakat, terutama pada remaja. Kondisi ini biasanya mulai muncul pada masa pubertas akibat pengaruh perubahan hormon yang terjadi dalam tubuh. Meskipun demikian, jerawat tidak hanya dialami oleh remaja, tetapi juga dapat terjadi pada orang dewasa, baik laki-laki maupun perempuan (Rachmah dkk., 2023).

Jerawat (*Acne Vulgaris*) adalah penyakit kulit inflamasi yang umumnya sering terjadi ketika unit folikel sebacea tersumbat berlebih, sel kulit mati dan juga karena adanya aktivitas bakteri, sehingga menimbulkan berbagai tipe klinis yang berbeda-beda tingkat keparahannya. Dalam klasifikasi klinisnya, jerawat dibedakan menjadi non-inflamasi seperti *papula* (benjolan merah kecil tanpa nanah), *pustula* (jerawat meradang berisi nanah), dan *kistik* (jerawat besar, dalam, penuh nanah, dan sering menyakitkan) yang menunjukkan tingkat keparahan yang lebih tinggi

Identifikasi serta klasifikasi jenis jerawat menjadi hal yang sangat penting dalam proses diagnosis dan penanganan jerawat, karena setiap jenis jerawat memiliki mekanisme patogenik yang berbeda serta mempengaruhi pilihan terapi klinis yang akan diberikan. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa jerawat memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap kondisi psikologis penderitanya. Jerawat dapat mempengaruhi tingkat kepercayaan diri, citra diri,

serta kualitas hidup seseorang, khususnya pada kalangan remaja. Selain menimbulkan keluhan fisik seperti rasa nyeri, kemerahan, dan peradangan pada kulit, jerawat juga dapat menyebabkan dampak psikologis seperti kecemasan, stres, bahkan depresi. Pada beberapa kasus yang lebih berat, penderita jerawat juga berisiko mengalami gangguan psikologis yang lebih serius, termasuk munculnya keinginan untuk menyakiti diri sendiri (Morshed dkk., 2023).

Meskipun konsultasi dengan dokter spesialis kulit atau dermatologis merupakan cara terbaik untuk mengetahui kondisi kulit secara akurat, tidak semua masyarakat memiliki akses yang mudah terhadap layanan tersebut. Biaya konsultasi dengan dokter kulit juga cukup bervariasi, berkisar antara Rp15.000 hingga Rp500.000 per sesi, dan belum termasuk biaya obat-obatan ataupun tindakan medis lanjutan. Kondisi ini menyebabkan sebagian masyarakat menunda bahkan tidak melakukan pemeriksaan kulit secara profesional (Toy dkk., 2021).

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan teknologi *computer vision* menjadi salah satu bidang yang mengalami perkembangan yang sangat pesat. *Computer vision* merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer untuk memahami, mengenali, serta memproses informasi visual dari gambar maupun video secara otomatis, menyerupai kemampuan penglihatan manusia. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi *computer vision telah* banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk pada bidang kesehatan untuk membantu proses deteksi penyakit kulit. Dalam bidang dermatologi kecantikan, teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk membantu mendeteksi berbagai jenis jerawat secara otomatis (Xu dkk., 2022).

Salah satu algoritma yang banyak digunakan dalam deteksi objek berbasis *deep learning* adalah YOLO (*You Only Look Once*). Algoritma ini bekerja dengan cara memproses seluruh citra gambar dalam satu kali proses *forward pass* pada jaringan saraf konvolusional (*Convolutional Neural Network* atau CNN). Berbeda dengan metode deteksi objek dua tahap (*two-stage detector*) seperti R-CNN yang memisahkan proses pencarian wilayah objek (*region proposal*) dan proses klasifikasi, YOLO secara langsung memprediksi lokasi objek dalam bentuk *bounding box*, tingkat kepercayaan (*confidence score*), serta kelas objek secara bersamaan. Keunggulan utama dari YOLO adalah kecepatan komputasi yang tinggi, efisiensi pemrosesan, serta kemampuannya untuk melakukan deteksi objek secara *real-time* tanpa mengurangi tingkat akurasi secara signifikan.

Dalam penelitian ini, algoritma YOLO dipilih sebagai metode utama dalam perancangan sistem deteksi jerawat berbasis web. Hal ini dikarenakan YOLO memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi objek berukuran kecil dengan variasi bentuk dan tekstur yang kompleks, seperti papula, pustula, dan kistik. Selain itu, YOLO juga mampu melakukan deteksi multi-kelas dalam satu citra secara bersamaan, sehingga sistem dapat mengidentifikasi berbagai jenis jerawat yang terdapat pada satu area wajah. Oleh karena itu, penggunaan YOLO dinilai sangat sesuai dalam pengembangan sistem pendeteksi jerawat karena mampu menggabungkan kecepatan pemrosesan, ketepatan deteksi, serta efisiensi komputasi dalam satu model yang terintegrasi.

Dalam implementasinya pada aplikasi berbasis web, algoritma YOLO bekerja dengan memanfaatkan citra wajah pengguna yang diunggah melalui

sistem atau diambil secara langsung menggunakan kamera perangkat. Citra tersebut kemudian diproses oleh model YOLO yang telah dilatih sebelumnya menggunakan dataset gambar jerawat. Model YOLO akan membagi citra ke dalam beberapa grid, kemudian pada setiap grid dilakukan prediksi terhadap *bounding box*, tingkat kepercayaan (*confidence score*), serta kelas objek jerawat secara bersamaan. Hasil dari proses deteksi ini kemudian ditampilkan pada antarmuka web dalam bentuk kotak pembatas (*bounding box*) yang disertai label jenis jerawat yang terdeteksi secara *real-time*. Proses ini memungkinkan pengguna untuk memperoleh informasi visual mengenai jenis serta persebaran jerawat pada wajah dengan cepat tanpa memerlukan perangkat khusus.

Selain menampilkan hasil deteksi jerawat pada wajah, sistem berbasis web ini juga dilengkapi dengan fitur tambahan berupa rekomendasi perawatan kulit wajah. Fitur ini bekerja dengan memanfaatkan hasil keluaran dari model YOLO yang telah mengidentifikasi jenis jerawat pada wajah pengguna. Berdasarkan jenis jerawat yang terdeteksi, sistem akan memberikan rekomendasi produk atau perawatan wajah yang sesuai dengan kondisi kulit pengguna. Dengan demikian, aplikasi web yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk mendeteksi jerawat, tetapi juga sebagai media pendukung dalam membantu pengguna mengambil keputusan awal terkait perawatan kulit wajah yang tepat. Integrasi algoritma YOLO dalam platform web diharapkan dapat meningkatkan aksesibilitas, kemudahan penggunaan, serta memberikan solusi praktis bagi masyarakat dalam mengenali dan menangani permasalahan jerawat secara lebih cepat dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang aplikasi web yang dapat menampilkan hasil deteksi jerawat secara real-time menggunakan YOLO agar mudah digunakan oleh pengguna?
2. Bagaimana mengintegrasikan sistem rekomendasi perawatan wajah pada aplikasi web berdasarkan jenis dan tingkat keparahan jerawat hasil deteksi YOLO agar sesuai dengan kebutuhan pengguna?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada deteksi jerawat pada area wajah yaitu jenis *papula*, *kistik*, dan *pustula*
2. Penerapan metode YOLO akan dilakukan menggunakan perangkat keras kamera laptop dengan resolusi tertentu, sehingga performa model disesuaikan dengan kemampuan perangkat.
3. Dataset yang digunakan bersumber dari citra wajah yang dilakukan
4. Akurasi model dipengaruhi oleh kualitas citra.
5. Rekomendasi perawatan yang ditampilkan sesuai dengan permasalahan wajah berdasarkan pengalaman penulis dalam penggunaan produk tersebut.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk merancang dan membangun aplikasi web yang mampu menampilkan hasil deteksi jerawat secara real-time menggunakan metode YOLO, sehingga mudah digunakan, responsif, dan juga dapat diakses dengan baik oleh pengguna.
2. Untuk mengintegrasikan sistem rekomendasi perawatan wajah ke dalam aplikasi web berdasarkan jenis dan tingkat keparahan jerawat yang terdeteksi oleh YOLO, sehingga rekomendasi yang diberikan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi kulit pengguna

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jerawat (*Acne Vulgaris*)

Acne Vulgaris adalah gangguan inflamasi pada unit pilosebacea, yang berlangsung secara kronis dan dapat sembuh sendiri (*self-limited disease*). *Acne vulgaris* dapat dipicu oleh *Cutibacterium acnes* (sebelum nya dikenal sebagai *Propionibacterium acnes*) pada masa remaja, di bawah pengaruh sirkulasi normal *dehydroepiandrosterone* (DHEA). *Acne Vulgaris* merupakan kelainan kulit yang sangat umum terjadi di wajah tetapi juga dapat terjadi pada area lengan atas, dada, dan punggung

Acne Vulgaris adalah penyakit yang bisa ditemukan pada semua umur baik kalangan remaja maupun dewasa. Penyebabnya adalah ciri klinis yang multifaktorial berupa papula, pustula, dan kista. Jerawat merupakan penyakit kulit karena adanya penumpukan minyak di area kulit yang menyebabkan pori-pori kulit terutama kulit wajah tersumbat sehingga memicu aktivitas bakteri dan peradangan pada kulit (Sifatullah, 2021).



Gambar 2.1 Jerawat (*Acne Vulgaris*)

2.2 Teknologi *Computer Vision*

Computer vision merupakan ilmu yang menggunakan *image processing* untuk membuat keputusan berdasarkan citra yang didapat dari sensor. Dengan kata lain, *Computer vision* bertujuan untuk membangun sebuah mesin pandai yang dapat “melihat”. *Computer vision* juga banyak dimanfaatkan dalam bidang kecantikan dan juga ilmu kesehatan karena mampu membantu tugas diagnosis visual seperti membaca citra kulit, mendeteksi kelainan, dan juga menganalisis gambaran secara otomatis. Teknologi ini mempercepat proses pemeriksaan dan membantu tenaga medis terutama pada deteksi jerawat.

Salah satu metode deteksi objek yang paling banyak dipakai adalah YOLO (*You Only Look Once*) karena kemampuannya melakukan deteksi cepat akurat dalam satu tahapan pemrosesan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa YOLO unggul dalam kecepatan inferensi, efisiensi, komputasi, serta kemampuan mendeteksi banyak objek secara real-time. Karena Yolo dirancang untuk mendeteksi objek secara cepat dan langsung pada gambar, algoritma ini relevan untuk penelitian yang membutuhkan identifikasi objek kecil pada wajah, termasuk jerawat. YOLO cocok digunakan menggunakan kamera laptop atau smartpone, sehingga mudah diimplementasikan dan dapat bekerja secara real-time sesuai kebutuhan penelitian (Kassem dkk., 2021).

2.3 YOLO (*You Only Look Once*)

YOLO (*You Only Look Once*) merupakan algoritma deteksi objek berbasis deep learning yang bekerja dengan memproses seluruh citra hanya dalam satu kali proses komputasi (*single-stage detector*). YOLO secara langsung melakukan

prediksi lokasi objek, kelas objek, serta tingkat kepercayaan dalam satu forward pass jaringan saraf konvolusional (*Convolutional Neural Network/CNN*).

Pada tahap awal, citra wajah yang menjadi input akan melalui proses pra pengolahan seperti penyesuaian ukuran (*resizing*) dan normalisasi nilai piksel agar sesuai dengan kebutuhan model. Selanjutnya, citra tersebut dibagi ke dalam beberapa grid, di mana setiap sel grid bertanggung jawab mendeteksi objek yang pusatnya berada di dalam area grid tersebut. Melalui jaringan CNN, YOLO mengekstraksi fitur visual seperti tekstur, warna, dan pola permukaan kulit, yang kemudian digunakan untuk memprediksi *bounding box*, nilai *confidence*, dan probabilitas kelas objek secara bersamaan.

Dalam proses deteksi objek menggunakan YOLO, komponen utama yang berperan dalam mengekstraksi fitur citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk mengolah data berbentuk citra dengan memanfaatkan operasi konvolusi. Pada tahap awal, citra wajah yang telah melalui proses pra-pemrosesan akan masuk ke dalam beberapa lapisan (layer) CNN, yaitu *convolution layer*, *activation function*, *pooling layer*, dan *fully connected layer*.

Pada *convolution layer*, sistem menerapkan filter atau kernel yang bergerak secara sistematis di seluruh area citra untuk menangkap pola visual tertentu seperti tepi (edge), tekstur, warna, dan bentuk. Proses ini menghasilkan feature map yang merepresentasikan ciri-ciri penting dari gambar. Semakin dalam lapisan CNN, fitur yang diekstraksi menjadi semakin kompleks, mulai dari pola sederhana seperti garis dan titik hingga pola yang lebih spesifik seperti bentuk

tonjolan jerawat, perbedaan warna kemerahan akibat peradangan, serta tekstur kulit yang tidak rata.

Setelah proses konvolusi, digunakan *activation function* seperti ReLU (*Rectified Linear Unit*) untuk menambahkan unsur non-linearitas sehingga jaringan mampu mempelajari pola yang lebih kompleks. Selanjutnya, pooling layer berfungsi untuk mengurangi dimensi feature map tanpa menghilangkan informasi penting, sehingga proses komputasi menjadi lebih efisien dan membantu mengurangi risiko *overfitting*. Pada tahap akhir, fitur-fitur yang telah diekstraksi akan diteruskan ke lapisan berikutnya untuk digunakan dalam proses prediksi *bounding box*, *confidence score*, dan klasifikasi objek.

Dalam konteks deteksi jerawat, CNN memungkinkan sistem membedakan jerawat dengan kondisi kulit lain berdasarkan karakteristik visualnya. Jerawat umumnya memiliki pola warna kemerahan atau keputihan, bentuk bulat atau tidak beraturan, serta tekstur menonjol akibat peradangan. Sementara itu, kondisi seperti kutil atau benjolan lain memiliki karakteristik visual yang berbeda. CNN mempelajari perbedaan tersebut dari data latih yang telah dianotasi, sehingga ketika citra baru dimasukkan, sistem dapat mengenali pola yang memiliki kemiripan tinggi dengan karakteristik jerawat.

Bounding box merepresentasikan lokasi dan ukuran jerawat, sedangkan *confidence score* menunjukkan tingkat keyakinan model terhadap keberadaan jerawat pada area tersebut. Selain itu, YOLO juga menentukan jenis jerawat yang terdeteksi, seperti papula, pustula, dan kistik. Untuk menghindari duplikasi deteksi, YOLO menerapkan proses *Non-Maximum Suppression* (NMS) yang

berfungsi menghilangkan bounding box yang saling tumpang tindih dan mempertahankan prediksi dengan nilai kepercayaan tertinggi.

Hasil akhir dari proses ini berupa tampilan visual kotak pembatas beserta label jenis jerawat pada citra wajah, yang dapat ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi berbasis web. Kecepatan dan efisiensi inilah yang menjadikan algoritma YOLO sangat sesuai digunakan dalam sistem deteksi jerawat berbasis web yang membutuhkan respons cepat dan akurasi yang baik.

YOLO (*You Only Look Once*) membedakan jerawat dengan kutil, bisul, atau kondisi kulit lainnya melalui proses pembelajaran berbasis citra digital yang dilakukan pada tahap pelatihan model. Pada tahap ini, YOLO dilatih menggunakan kumpulan citra wajah yang telah diberi anotasi atau label secara manual, seperti jerawat dan bukan jerawat. Setiap label merepresentasikan perbedaan karakteristik visual yang tampak pada permukaan kulit. Dari proses pelatihan tersebut, YOLO mempelajari pola visual khas jerawat, antara lain ukuran yang relatif kecil, bentuk bulat atau tidak beraturan, warna kemerahan atau keputihan akibat peradangan, serta tekstur kulit yang menonjol dan tidak rata. Sebaliknya, kutil atau benjolan kulit lain umumnya memiliki tekstur lebih kasar atau padat, warna menyerupai kulit normal atau kecoklatan, serta tidak menunjukkan tanda peradangan seperti jerawat.

Ketika citra wajah baru dimasukkan ke dalam sistem, YOLO memproses seluruh gambar secara simultan menggunakan jaringan syaraf konvolusional (*Convolutional Neural Network/CNN*). CNN berperan dalam mengekstraksi ciri-ciri visual penting, seperti warna, tekstur, bentuk, dan pola permukaan kulit.

Selanjutnya, citra dibagi ke dalam beberapa grid, dan pada setiap grid YOLO melakukan prediksi terhadap keberadaan objek. Prediksi yang dihasilkan meliputi posisi objek dalam bentuk bounding box, ukuran objek, kelas objek (jerawat atau bukan jerawat), serta nilai keyakinan (*confidence score*) yang menunjukkan tingkat kepercayaan model terhadap hasil klasifikasi tersebut.

Proses pembedaan jerawat dengan kutil atau benjolan lain dilakukan berdasarkan tingkat kemiripan ciri visual yang terdeteksi dengan pola yang telah dipelajari pada data latih. Area citra yang memiliki kemiripan tinggi dengan karakteristik jerawat akan diklasifikasikan sebagai jerawat, sedangkan area yang lebih menyerupai karakteristik kutil atau kulit normal akan diklasifikasikan sebagai bukan jerawat dan jika tonjolan lain yang terdeteksi tidak memiliki kemiripan dengan jerawat, maka akan ditandai sebagai *unknown*.

Untuk meningkatkan akurasi deteksi, YOLO menerapkan proses seleksi hasil prediksi dengan menghilangkan bounding box yang saling tumpang tindih dan memiliki nilai keyakinan rendah, sehingga hanya prediksi terbaik yang dipertahankan. Dalam implementasi sistem deteksi jerawat berbasis web, algoritma YOLO bekerja mengikuti alur sistematis sebagaimana digambarkan pada flowchart penelitian. Proses dimulai ketika pengguna memasukkan citra wajah ke dalam sistem. Citra tersebut terlebih dahulu melalui tahap pra-pemrosesan (*pre-processing*) berupa penyesuaian ukuran (*resizing*) dan normalisasi nilai piksel agar sesuai dengan kebutuhan input model YOLOv5. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang masuk memiliki format dan skala yang konsisten

sehingga dapat diproses secara optimal oleh jaringan saraf konvolusional (*Convolutional Neural Network/CNN*).

Setelah tahap pra-pemrosesan selesai, sistem memasuki tahap utama yaitu proses deteksi menggunakan YOLO. Pada tahap ini, YOLO secara simultan melakukan ekstraksi fitur menggunakan CNN untuk menangkap karakteristik visual seperti tekstur, warna, bentuk, dan pola permukaan kulit. Berdasarkan fitur yang telah diekstraksi, model kemudian melakukan prediksi bounding box yang merepresentasikan lokasi dan ukuran objek, memprediksi nilai *confidence score* yang menunjukkan tingkat keyakinan model terhadap keberadaan objek, serta memprediksi kelas objek apakah termasuk jerawat atau bukan jerawat. Seluruh proses ini dilakukan dalam satu kali *forward pass* sehingga memungkinkan deteksi berlangsung secara cepat dan *real-time*.

Selanjutnya, sistem melakukan validasi terhadap nilai *confidence score* dengan membandingkannya terhadap ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan. Validasi ini bertujuan untuk menyaring hasil prediksi agar hanya objek dengan tingkat kepercayaan tinggi yang diproses lebih lanjut. Apabila nilai *confidence* berada di bawah ambang batas, maka prediksi tersebut akan diabaikan untuk mengurangi kemungkinan kesalahan deteksi (*false positive*). Setelah proses validasi, sistem melakukan pengambilan keputusan mengenai apakah objek yang terdeteksi merupakan jerawat. Jika tidak terdeteksi sebagai jerawat, maka sistem mengkategorikannya sebagai bukan jerawat atau kemungkinan kondisi kulit lain seperti komedo atau bisul. Namun, apabila objek teridentifikasi sebagai jerawat, sistem akan melanjutkan ke tahap analisis lanjutan.

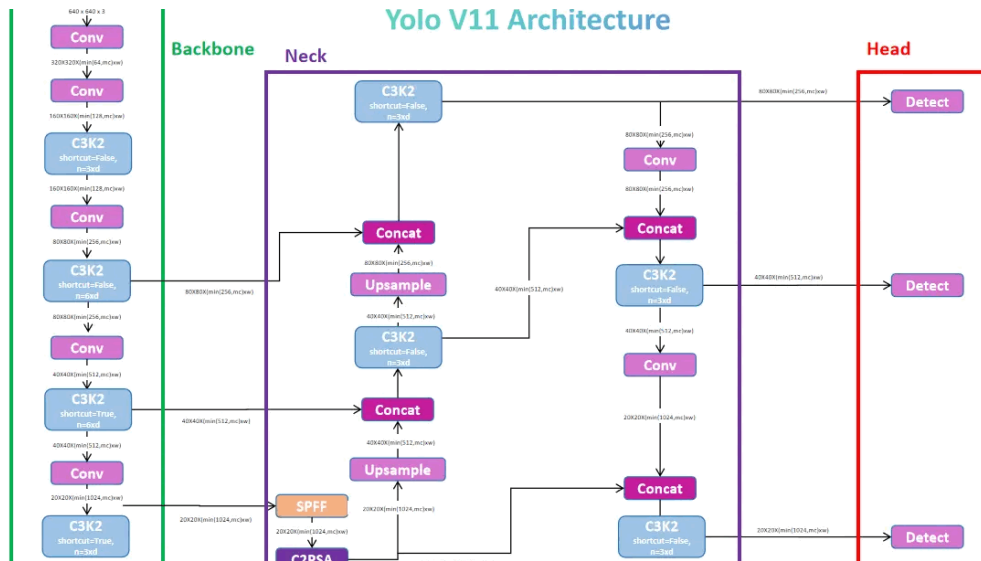
Pada tahap ini, sistem menyimpan koordinat bounding box, menghitung jumlah jerawat yang terdeteksi, serta menganalisis ukuran dan warna jerawat untuk menilai tingkat peradangan atau keparahannya. Untuk mencegah terjadinya duplikasi deteksi pada area yang sama, YOLO menerapkan proses *Non-Maximum Suppression* (NMS) yang berfungsi menghilangkan *bounding box* yang saling tumpang tindih dan mempertahankan prediksi dengan nilai confidence tertinggi. Hasil akhir dari proses ini berupa tampilan visual kotak pembatas beserta label jenis jerawat pada citra wajah yang dapat ditampilkan secara langsung pada aplikasi berbasis web. Dengan alur tersebut, sistem tidak hanya mampu mendeteksi jerawat secara cepat, tetapi juga melakukan analisis terstruktur sesuai tahapan pada flowchart sehingga menghasilkan output yang lebih akurat dan informatif.

Berbeda dengan YOLOv11, teknologi Face ID tidak dirancang untuk menganalisis kondisi kulit. Face ID merupakan sistem pengenalan identitas wajah yang bekerja dengan memanfaatkan sensor kedalaman (*depth sensor*) untuk memetakan struktur wajah tiga dimensi (3D), seperti kontur wajah, bentuk hidung, dan jarak antar fitur utama. Teknologi ini secara sengaja mengabaikan perubahan kecil pada permukaan kulit, seperti jerawat, bisul, atau kutil, karena perubahan tersebut tidak berpengaruh terhadap proses identifikasi seseorang. Oleh karena itu, Face ID tidak mampu membedakan jenis benjolan kulit. Dalam konteks penelitian deteksi jerawat, penggunaan algoritma YOLOv11 lebih relevan karena YOLOv11 menganalisis detail visual permukaan kulit berdasarkan pola citra yang dipelajari dari data pelatihan, sehingga mampu mendeteksi objek secara lebih spesifik dan akurat.

Salah satu keunggulan utama YOLOv11 adalah kemampuannya dalam memproses gambar dan citra secara *real-time* dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Selain itu, YOLOv11 juga memiliki kemampuan generalisasi yang baik dalam mendeteksi objek pada berbagai kondisi citra. Sebagai bagian dari perkembangan keluarga YOLO, YOLOv11 hadir sebagai versi yang lebih mutakhir dengan peningkatan pada aspek akurasi, efisiensi komputasi, dan fleksibilitas implementasi dibandingkan versi-versi sebelumnya.

YOLOv11 dikembangkan untuk memberikan performa deteksi objek yang lebih optimal dengan arsitektur yang lebih modern dan efisien. Model ini sangat sesuai digunakan pada aplikasi berbasis *real-time*, termasuk aplikasi berbasis web untuk deteksi jerawat. Keunggulan YOLOv11 terletak pada kemampuannya dalam mendeteksi objek berukuran kecil, pengolahan fitur yang lebih baik, serta dukungan terhadap proses pelatihan yang lebih adaptif terhadap variasi data. Dengan dukungan framework modern, YOLOv11 juga memudahkan proses pengembangan model, mulai dari pelatihan, validasi, hingga implementasi sistem.

Dalam konteks deteksi jerawat, YOLOv11 mampu mendeteksi objek kecil pada permukaan wajah dari citra digital yang dimasukkan sebagai input. Sistem kemudian menghasilkan *bounding box* pada area jerawat beserta nilai keyakinan (*confidence score*) untuk setiap hasil deteksi. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam proses analisis kondisi kulit maupun pemberian rekomendasi perawatan. Dengan kemampuannya yang cepat, ringan, dan akurat, YOLOv11 menjadi salah satu pilihan yang tepat untuk pengembangan sistem deteksi jerawat berbasis web.



Gambar 2.2 Arsitektur YOLOv11

(Sumber : Analytics Vidha, 2025)

2.3.1 Persamaan dan Variabel Utama YOLO

Untuk melengkapi penjelasan mengenai cara kerja YOLOv11, berikut adalah detail matematis dan variabel utama yang digunakan dalam proses deteksi objek. Berbeda dengan YOLOv5 yang masih sering dijelaskan menggunakan anchor box, YOLOv11 pada implementasi Ultralytics modern menggunakan pendekatan anchor-free sehingga prediksi bounding box dilakukan secara langsung terhadap posisi objek pada feature map. Pendekatan ini membuat formulasi deteksi lebih sederhana dan fleksibel dalam menangani variasi ukuran objek.

1. Persamaan Skor Klasifikasi

Pada YOLOv11, model memprediksi skor kelas untuk setiap kandidat objek. Nilai probabilitas kelas diperoleh dari aktivasi sigmoid terhadap logit keluaran jaringan:

$$P_i = \sigma(z_i) \quad (1)$$

- a. P_i : probabilitas objek termasuk ke kelas ke- i
- b. z_i : logit atau keluaran mentah jaringan untuk kelas ke- i
- c. σ : fungsi sigmoid

2. Persamaan *Bounding Box Anchor-Free*

YOLOv11 memprediksi bounding box berdasarkan jarak dari titik referensi (x_a, y_a) ke empat sisi objek, yaitu kiri, atas, kanan, dan bawah. Bentuk umumnya dapat dituliskan sebagai:

$$d = (l, t, r, b)$$

$$x_1 = x_a - l, y_1 = y_a - t, x_2 = x_a + r, y_2 = y_a + b \quad (2)$$

Keterangan Variabel:

- a. (x_a, y_a) : titik referensi pada feature map
- b. l, t, r, b : jarak ke sisi kiri, atas, kanan, dan bawah bounding box
- c. (x_1, y_1) : koordinat sudut kiri atas box
- d. (x_2, y_2) : koordinat sudut kanan bawah box

Formulasi ini sesuai dengan implementasi box decoding modern pada Ultralytics yang menggunakan representasi jarak terhadap titik acuan, bukan anchor box tetap.

3. Persamaan *Intersection Over Union (Iou)*

Untuk mengukur kesesuaian antara bounding box prediksi dan ground truth, digunakan metrik Intersection over Union:

$$IoU = \frac{Area\ of\ Overlap}{Area\ of\ Union} \quad (3)$$

Nilai IoU berada pada rentang 0 sampai 1. Semakin tinggi nilai IoU, semakin baik kesesuaian posisi box hasil prediksi terhadap box sebenarnya.

4. Persamaan Total Loss Function

Pada YOLOv11, fungsi loss merupakan gabungan dari loss regresi bounding box, loss distribusi box, dan loss klasifikasi. Secara umum dapat dituliskan sebagai:

$$L_{total} = L_{box} + L_{dfl} + L_{cls} \quad (4)$$

Keterangan:

1. L_{box} (*Localization Loss*): Mengukur selisih posisi *bounding box* prediksi dengan data asli.
2. L_{dfl} : Distribution Focal Loss untuk memperhalus prediksi koordinat box
3. L_{cls} (*Classification Loss*): Mengukur kesalahan dalam mengklasifikasikan kategori objek (misalnya: membedakan antara jerawat jenis Papula atau Pustula).

Berdasarkan implementasi resmi Ultralytics, komponen penting dalam pelatihan deteksi modern mencakup BboxLoss dan DFLoss, sedangkan loss

klasifikasi dapat menggunakan formulasi turunan BCE/Focal/Varifocal sesuai konfigurasi model.

2.3.2 Rumus Transformasi Variabel pada YOLOv11

Dalam perhitungan matematis YOLOv11, variabel input dan output tidak lagi bergantung pada anchor box seperti pada YOLOv5. Model memprediksi distribusi jarak dari titik referensi menuju empat sisi bounding box.

Variabel yang digunakan adalah:

- (x_a, y_a) : titik referensi pada feature map
- l : jarak dari titik referensi ke sisi kiri box
- t : jarak dari titik referensi ke sisi atas box
- r : jarak dari titik referensi ke sisi kanan box
- b : jarak dari titik referensi ke sisi bawah box
- (x_1, y_1, x_2, y_2) : koordinat akhir bounding box
- σ : fungsi sigmoid untuk prediksi probabilitas kelas

YOLOv11 tidak langsung memprediksi koordinat piksel absolut, melainkan memprediksi distribusi jarak relatif yang kemudian ditransformasikan menjadi koordinat box akhir.

2.4 *Image Processing* Dasar dan Tahapan Deteksi dalam *Deep Learning*

Tahapan *image processing* merupakan bagian penting dalam penelitian deteksi jerawat menggunakan YOLOv11. Proses ini bertujuan untuk menyiapkan citra agar memiliki kualitas dan format yang sesuai dengan kebutuhan model,

sehingga proses pelatihan dan pendeteksian dapat berlangsung secara lebih stabil. Pada YOLOv11, kualitas data masukan sangat berpengaruh terhadap performa model, terutama karena model ini dirancang untuk mendeteksi objek secara cepat dan akurat pada berbagai kondisi citra.

Tahap awal yang dilakukan adalah *preprocessing* citra, yang meliputi penyesuaian ukuran citra (*resizing*) dan normalisasi nilai piksel. Proses *resizing* dilakukan untuk menyamakan resolusi seluruh citra sesuai dengan ukuran input model, misalnya 416×416 atau 640×640 piksel. Pemilihan ukuran ini bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara detail visual dan efisiensi komputasi. Sementara itu, normalisasi piksel dilakukan dengan mengubah rentang nilai dari 0–255 menjadi 0–1 atau menggunakan pendekatan statistik tertentu, sehingga distribusi data menjadi lebih seragam dan stabil selama proses pelatihan..

Setelah tahap *preprocessing*, dilakukan proses anotasi dataset yang merupakan tahap krusial dalam pengembangan model deteksi objek. Pada penelitian ini, anotasi dilakukan menggunakan platform Roboflow dengan metode *bounding box* untuk menandai lokasi jerawat pada citra wajah. Setiap jerawat diberi kotak pembatas yang merepresentasikan posisi dan ukuran objek secara spesifik. Penggunaan Roboflow mempermudah proses anotasi karena menyediakan antarmuka yang intuitif, serta mendukung manajemen dataset, pembagian data latih dan validasi, serta ekspor dataset dalam format yang kompatibel dengan YOLOv11. Kualitas anotasi yang baik sangat berpengaruh terhadap performa model, karena YOLOv11 mempelajari pola objek berdasarkan hubungan antara citra dan label yang diberikan.

Dalam konteks penelitian ini, segmentasi kulit dapat digunakan sebagai tahap tambahan untuk membantu memfokuskan area analisis pada bagian wajah. Segmentasi dilakukan menggunakan transformasi ruang warna seperti HSV atau YCbCr yang mampu memisahkan informasi warna dan intensitas cahaya. Selanjutnya, proses *thresholding* digunakan untuk memisahkan area kulit dari latar belakang secara lebih jelas. Namun, pada implementasi YOLOv11, tahap segmentasi bersifat opsional karena model deteksi objek modern mampu langsung mempelajari fitur dari citra yang telah dianotasi dengan baik tanpa memerlukan pemisahan area secara manual

Tahap berikutnya adalah *feature extraction* yang dilakukan secara otomatis oleh Convolutional Neural Network (CNN) dalam arsitektur YOLOv11. Pada tahap ini, model mengekstraksi berbagai fitur visual dari citra, mulai dari fitur sederhana seperti tepi dan kontur, hingga fitur kompleks seperti tekstur kulit, kemerahan, serta bentuk tonjolan yang berkaitan dengan jerawat. Proses ini memungkinkan model membedakan jerawat dari kondisi kulit normal maupun gangguan visual lainnya.

Untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model, dilakukan *data augmentation* dengan berbagai teknik seperti rotasi, *flip*, perubahan *brightness* dan *contrast*, *zoom*, serta *cropping*. Selain itu, teknik augmentasi seperti *mosaic* dan *mixup* juga dapat digunakan untuk meningkatkan variasi data latih. Augmentasi ini bertujuan untuk membuat model lebih adaptif terhadap kondisi nyata yang beragam, seperti variasi sudut wajah, pencahayaan, dan kualitas citra, serta membantu mengurangi risiko *overfitting*.

Pada tahap pelatihan, YOLOv11 memanfaatkan arsitektur deteksi objek modern yang telah dikembangkan lebih lanjut dibandingkan versi sebelumnya. Model ini menggunakan pendekatan *anchor-free* sehingga lebih fleksibel dalam mendeteksi objek dengan berbagai ukuran tanpa bergantung pada anchor box yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini memberikan peningkatan dalam efisiensi dan akurasi, terutama pada objek berukuran kecil seperti jerawat.

Secara keseluruhan, tahapan *image processing* dalam penelitian ini meliputi preprocessing citra, anotasi menggunakan Roboflow dengan bounding box, augmentasi data, serta ekstraksi fitur otomatis oleh model YOLOv11. Segmentasi kulit dapat digunakan sebagai tahap pendukung apabila diperlukan. Dengan rangkaian tahapan tersebut, data yang digunakan menjadi lebih berkualitas dan representatif, sehingga YOLOv11 mampu menghasilkan deteksi jerawat yang lebih akurat, stabil, dan sesuai untuk aplikasi berbasis web maupun *real-time*.



Gambar 2.3 Penerapan *Deep Learning* Dalam Pengolahan Citra Digital

(Sumber : Adi Pamungkas)

2.5 Object Detection dan Konsep Evaluasi Model

Deteksi objek dalam deep learning secara umum diklasifikasikan ke dalam dua pendekatan arsitektur utama, yaitu *two-stage detector* dan *single-stage detector*, masing-masing memiliki karakteristik berbeda berdasarkan kecepatan, kompleksitas komputasi, serta akurasi. Pendekatan *two-stage detector*, seperti R-CNN, Fast R-CNN, dan Faster R-CNN, melakukan proses pendeteksian melalui dua tahapan. Tahap pertama adalah *region proposal*, di mana sistem mengidentifikasi bagian gambar yang berpotensi berisi objek menggunakan algoritma seperti *Selective Search* atau *Region Proposal Network (RPN)*. Tahap kedua adalah klasifikasi dan regresi bounding box menggunakan CNN. Pendekatan ini dikenal memiliki tingkat presisi tinggi karena memeriksa setiap kandidat objek secara lebih detail, namun memerlukan komputasi intensif dan kurang cocok untuk aplikasi real-time. Penelitian-penelitian terkini dalam jurnal CVPR dan IEEE TPAMI menunjukkan bahwa metode *two-stage* tetap unggul dalam akurasi untuk objek kompleks, tetapi kurang efisien untuk objek kecil dalam jumlah banyak, seperti jerawat.

Berbeda dengan itu, pendekatan *single-stage detector* seperti YOLO (*You Only Look Once*), SSD (*Single Shot MultiBox Detector*), dan Retina Net dirancang untuk menghasilkan prediksi bounding box dan kelas objek dalam satu langkah. Model *single-stage* menghilangkan proses proposal sehingga secara signifikan mengurangi waktu inferensi. Arsitektur YOLO membagi citra menjadi grid dan memprediksi bounding box secara langsung dari fitur yang dihasilkan

CNN. SSD dan RetinaNet beroperasi melalui *multi-scale feature maps* agar mampu mendeteksi objek pada berbagai ukuran.

Meski generasi awal dari arsitektur *single-stage* sering mengalami penurunan akurasi untuk objek yang sangat kecil karena resolusi fitur yang terbatas, pengembangan terbaru seperti pada YOLOv5, YOLOv7, hingga YOLOv11 telah memperbaiki hal tersebut dengan penggunaan *Feature Pyramid Network* (FPN), *Path Aggregation Network* (PANet), serta *anchor-free detection*. Studi dalam jurnal Elsevier dan Springer menunjukkan bahwa YOLOv11 menghasilkan kombinasi optimal antara kecepatan real-time dan akurasi tinggi, sehingga ideal untuk aplikasi dermatologi berbasis citra, termasuk deteksi jerawat.

Proses evaluasi model deteksi objek memerlukan metrik yang komprehensif. Salah satu metrik fundamental adalah Intersection over Union (IoU), yang mengukur tingkat tumpang tindih antara bounding box prediksi dengan ground truth. IoU digunakan sebagai dasar menentukan apakah prediksi dianggap benar (*true positive*) atau tidak. Untuk memperkuat kemampuan model mengenali objek dengan variasi ukuran yang luas, YOLO dan SSD memanfaatkan anchor boxes, yaitu template bounding box dengan rasio dan ukuran berbeda yang menjadi referensi dalam memprediksi lokasi objek. Pada model terbaru, konsep *anchor-free* mulai digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi kompleksitas perhitungan anchor yang banyak.

Kinerja keseluruhan model diukur menggunakan matrix *precision*, *recall*, dan *mean Average Precision* (mAP). Precision menggambarkan seberapa akurat prediksi model dalam mengidentifikasi objek yang benar, sedangkan recall

menunjukkan kemampuan model menemukan seluruh objek yang ada pada citra. Kombinasi keduanya direpresentasikan melalui kurva *Precision–Recall*, di mana area di bawah kurva digunakan untuk menghitung Average Precision (AP). Nilai mAP merupakan rata-rata dari seluruh AP untuk setiap kelas objek, dan menjadi standar evaluasi yang digunakan dalam kompetisi internasional seperti MS COCO dan VOC. Jurnal terbaru dalam *Pattern Recognition* dan *Computer Vision and Image Understanding* menyatakan bahwa mAP menjadi indikator terbaik untuk membandingkan performa berbagai arsitektur deteksi objek karena menggabungkan aspek lokalisasi dan klasifikasi.

Untuk mencegah *overfitting*, yaitu kondisi di mana model hanya menghafal pola pada data pelatihan, diperlukan strategi seperti penggunaan dataset beragam, augmentasi citra, serta regularisation. Sementara itu, untuk mencegah *underfitting*, model perlu memiliki kapasitas jaringan dan jumlah data yang memadai. Dataset umumnya dibagi menjadi tiga subset: *training set* untuk melatih model, *validation set* untuk memonitor performa selama pelatihan, dan *testing set* untuk mengukur akurasi model terhadap data baru. Penelitian-penelitian dalam domain medical imaging menunjukkan bahwa pembagian data yang seimbang, kualitas anotasi yang tinggi, serta augmentasi yang relevan (seperti penyesuaian kecerahan, rotasi ringan, dan pertukaran warna) sangat berpengaruh terhadap ketahanan model dalam menghadapi kondisi nyata.

2.6 Python dan Website

Python merupakan pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis kecerdasan buatan dan pengolahan citra

digital. Bahasa ini bersifat *open-source* serta memiliki struktur penulisan yang sederhana, sehingga memudahkan pengembang dalam membangun dan mengelola program dengan tingkat kompleksitas yang cukup tinggi. Kemudian tersebut menjadikan python sebagai salah satu bahasa pemrograman yang paling umum digunakan dalam penelitian dan pengembangan aplikasi berbasis deep learning.

Dalam penelitian ini, Python digunakan sebagai bahasa pemrograman utama untuk mengembangkan sistem deteksi jerawat berbasis metode YOLOv11. Python menyediakan berbagai pustaka yang mendukung proses pengolahan citra dan pelatihan model, seperti OpenCV untuk pemrosesan gambar. Selanjutnya, YOLOv11 digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian model secara efisien sehingga mampu menghasilkan deteksi objek dengan tingkat akurasi yang baik.



Gambar 2.4 Logo Python

Website merupakan sekumpulan halaman informasi dalam suatu domain yang dapat diakses melalui internet menggunakan perangkat lunak *browser*. Dalam penelitian ini, website digunakan sebagai platform utama untuk mengimplementasikan sistem deteksi jerawat secara *real-time*. Penggunaan

platform berbasis web memberikan keuntungan berupa aksesibilitas yang tinggi, di mana pengguna tidak perlu mengunduh aplikasi tambahan dan dapat mengakses sistem melalui berbagai perangkat seperti *smartphone*, laptop, atau tablet (Yulia dkk., 2024).

Dalam arsitektur sistem deteksi jerawat, komponen website biasanya terdiri dari:

1. Frontend (Antarmuka Pengguna): Bagian yang berinteraksi langsung dengan pengguna. Dibangun menggunakan teknologi seperti HTML, CSS, dan JavaScript. Pada bagian ini, pengguna dapat mengunggah foto wajah atau mengaktifkan kamera secara langsung untuk proses pemindaian.
2. Backend (Pemrosesan Data): Merupakan "otak" dari aplikasi yang berjalan di server. Bagian ini biasanya menggunakan *framework* seperti Flask atau Streamlit (karena YOLOv5 berbasis Python). Backend bertugas menerima kiriman citra dari frontend, meneruskannya ke model YOLOv5 untuk diproses, dan mengembalikan hasil deteksi berupa koordinat *bounding box* dan label jenis jerawat kembali ke layar pengguna.
3. Integrasi YOLOv5 pada Web: Model YOLOv5 yang telah dilatih (*pre-trained model*) akan dimuat ke dalam server web. Ketika gambar diterima, fungsi `detect.py` pada YOLOv5 akan mengekstraksi fitur visual dan memberikan output prediksi secara cepat, sehingga website dapat memberikan respon yang instan (*low latency*) kepada pengguna.
4. Rekomendasi Perawatan: Berdasarkan hasil analisis dari sistem, website akan menampilkan informasi mengenai tingkat keparahan jerawat beserta

saran atau rekomendasi produk perawatan kulit (skincare) yang sesuai dengan jenis jerawat yang terdeteksi.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai deteksi jerawat dan pemanfaatan teknologi computer vision telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan pesatnya perkembangan metode *deep learning*. Berbagai penelitian terdahulu menjadi dasar dan rujukan penting dalam pengembangan sistem deteksi jerawat berbasis YOLO yang akan dibahas dalam penelitian ini

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Peneliti	Pembahasan	Metode	Kelebihan / Kekurangan
1	<i>Klasifikasi Jenis Jerawat Menggunakan Pengolahan Citra Digital</i> Rachmah dkk. (2023)	Penelitian membahas klasifikasi jerawat berdasarkan citra wajah dengan memperhatikan pengaruh pencahayaan	Image Processing dan klasifikasi citra	Kelebihan: Memberikan analisis pengaruh kualitas citra. Kekurangan: Tidak mendukung deteksi real-time dan

		dan kualitas gambar terhadap hasil klasifikasi.		belum berbasis web.
2	<i>Application of YOLO for Skin Disease Detection</i> Xu dkk. (2022)	Penelitian menerapkan YOLO untuk mendeteksi kelainan kulit secara otomatis sebagai pendukung diagnosis dermatologi.	YOLO (Object Detection)	Kelebihan: Deteksi cepat dan akurat secara real-time. Kekurangan: Fokus pada penyakit kulit umum, bukan jerawat secara spesifik.
3	<i>Comparison of Object Detection Methods for Small Objects</i> Kassem dkk. (2021)	Penelitian membandingkan performan YOLO dan SSD dalam mendeteksi objek berukuran	YOLO dan SSD	Kelebihan: Analisis kecepatan dan akurasi yang jelas. Kekurangan: Tidak diaplikasikan

		kecil.		pada citra wajah atau bidang dermatologi.
4	<i>Implementation of YOLOv5 in Medical Image Detection</i> Yulia dkk. (2024)	Penelitian membahas penggunaan YOLOv5 dalam pendeteksian objek medis berbasis citra digital.	YOLOv5 berbasis PyTorch	Kelebihan: Akurasi tinggi untuk objek kecil. Kekurangan: Tidak dilengkapi sistem rekomendasi atau antarmuka web.
5	<i>Psychological Impact of Acne Vulgaris on Adolescents</i> Morshed dkk. (2023)	Penelitian mengkaji dampak jerawat terhadap kondisi psikologis	Studi observasional dan kuesioner	Kelebihan: Memberikan gambaran dampak sosial jerawat. Kekurangan: Tidak

		remaja, termasuk kepercayaan diri dan kualitas hidup.		melibatkan teknologi deteksi citra.
--	--	--	--	---

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian terapan, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk. Produk tersebut berupa aplikasi web yang mampu mendeteksi jerawat dan memberikan rekomendasi perawatan wajah. Penelitian ini menggunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan eksperimental dan pendekatan rekayasa perangkat lunak. Pendekatan eksperimental digunakan untuk menguji kemampuan model YOLO dalam mendeteksi jerawat dari gambar wajah, sedangkan pendekatan rekayasa perangkat lunak digunakan untuk merancang, membangun, dan mengimplementasikan sistem aplikasi web secara menyeluruh.

3.2 Analysis Gap

Berdasarkan tinjauan terhadap penelitian sebelumnya, terlihat bahwa banyak penelitian yang sudah dilakukan mengenai jerawat dan penerapan *computer vision*, baik dalam bentuk klasifikasi gambar maupun deteksi penyakit kulit. Namun, kebanyakan penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, penelitian klasifikasi jerawat biasanya belum mampu mendeteksi objek secara real-time dan belum terintegrasi dalam aplikasi web.

Sementara itu, penelitian yang menggunakan algoritma YOLO lebih fokus pada deteksi penyakit kulit secara umum, bukan secara spesifik pada jerawat di

area wajah. Selain itu, penelitian sebelumnya sebagian besar hanya berhenti pada tahap deteksi atau pengenalan jerawat saja, tanpa menghubungkan hasil deteksi dengan rekomendasi perawatan wajah yang bisa digunakan langsung oleh pengguna. Aspek integrasi antara sistem deteksi jerawat, aplikasi web yang interaktif, serta pemberian rekomendasi perawatan berdasarkan hasil deteksi masih jarang dibahas. Oleh karena itu, masih ada celah penelitian dalam pengembangan sistem yang terintegrasi, mampu mendeteksi jerawat pada wajah secara *real-time* dengan metode YOLO, serta memberikan rekomendasi perawatan wajah melalui aplikasi web. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi celah tersebut dan memberikan solusi yang lebih praktis, informatif, serta mudah diakses oleh masyarakat.

3.3 Analisis Alat Penelitian

Pada proses analisa ini dipaparkan alat yang dibutuhkan, pada observasi ini terbagi dalam dua bagian yaitu perangkat keras (*hardware*) serta perangkat lunak (*software*), diantaranya :

3.3.1 Perangkat Keras (*hardware*)

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Laptop

Menggunakan macbook dengan spesifikasi :

Tabel 3.1 Spesifikasi Laptop

Komponen	Spesifikasi
Model Sistem	Macbook Air M1
Processor	Apple M1 CPU 8 Core
Storage	256 GB
Sistem Operasi	macOS Sonoma 14.6
Dimensi	30,41x21,24x1,61cm, 1,29 kg
Memori	8 GB

3.3.2 Perangkat Lunak (software)

Dalam eksperimen ini digunakan beberapa jenis perangkat lunak, antara lain:

1. Bahasa pemrograman Python yang mudah dipelajari dan digunakan untuk membuat berbagai jenis aplikasi. Python digunakan untuk memproses data input dari kamera CCTV, melakukan pembersihan data, membuat model yang bisa mendeteksi objek manusia dan senjata dengan menggunakan algoritma deep learning seperti YOLOv11, menguji model tersebut, serta menampilkan hasil deteksi dalam bentuk visual.

2. *Visual Studio Code* berfungsi sebagai alat untuk menjalankan program deteksi objek yang ditulis dalam bahasa Python dan juga digunakan untuk membangun aplikasi berbasis web dengan framework Flask.

Di Visual Studio Code, model yang sudah dilatih diintegrasikan ke dalam program yang bisa mendeteksi objek secara langsung melalui kamera, menampilkan peringatan visual berupa kotak pembatas, memicu alarm suara, serta mengirimkan notifikasi email jika terdeteksi adanya manusia yang membawa senjata.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel Independen (Variabel Bebas)

1. Kualitas citra wajah (resolusi, pencahayaan, sudut pengambilan gambar)
2. Jumlah dan variasi dataset
3. Perangkat yang digunakan

Variabel Dependen (Variabel Terikat)

1. Tingkat akurasi deteksi jerawat
2. Nilai precision, recall, dan mAP (mean Average Precision)
3. Ketepatan rekomendasi perawatan wajah yang dihasilkan sistem
4. Metode deteksi objek YOLO

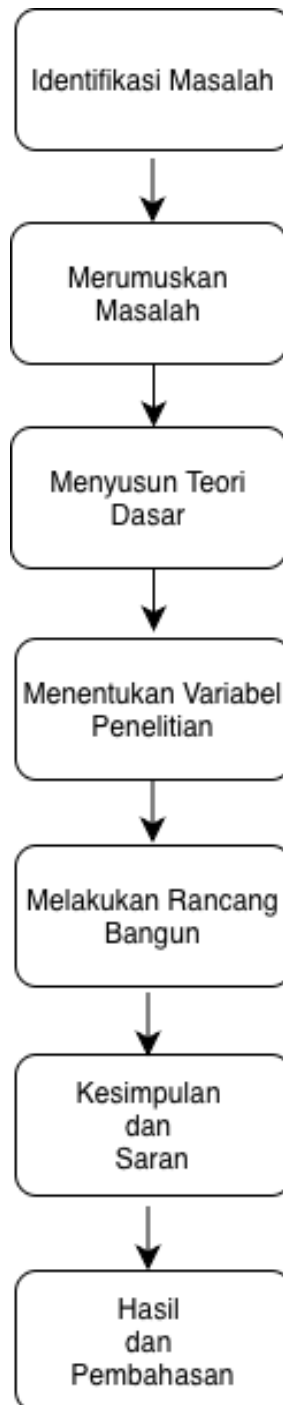
Variabel Kontrol

1. Ukuran input citra
2. Perangkat keras yang digunakan (kamera laptop)

3. Versi model YOLO yang digunakan (YOLOv11)

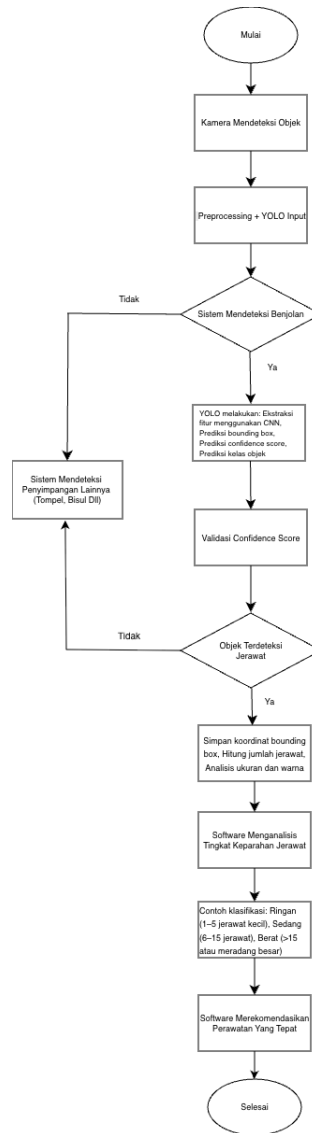
3.5 Tahapan Penelitian Sistem

3.5.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian Pendeteksi Jerawat Menggunakan YOLO

3.5.2 Flowchart Yolo

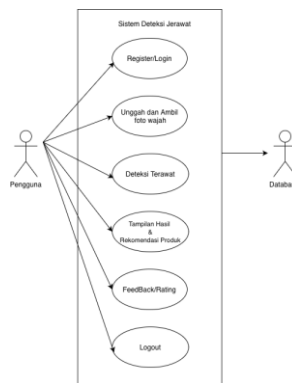


Gambar 3.2 Flowchart Pendeteksi Jerawat Menggunakan YOLO

3.5.3 Usecase

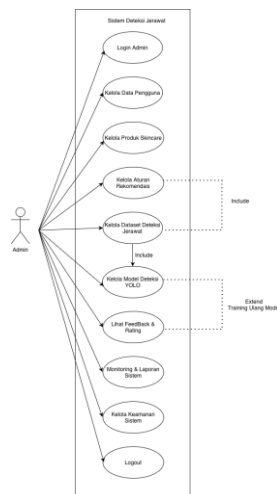
Pada sistem deteksi jerawat ini terdapat dua aktor, yaitu Pengguna dan Admin. Pengguna berinteraksi langsung dengan sistem untuk melakukan deteksi jerawat dan memperoleh rekomendasi perawatan wajah, sedangkan Admin berperan dalam mengelola data pengguna, produk skincare, serta memastikan sistem berjalan dengan baik.

1. Usecase Pengguna



Gambar 3.3 UseCase Pengguna Website Pendeteksi Jerawat

2. Usecase Admin



Gambar 3.4 UseCase Admin Pendeteksi Jerawat

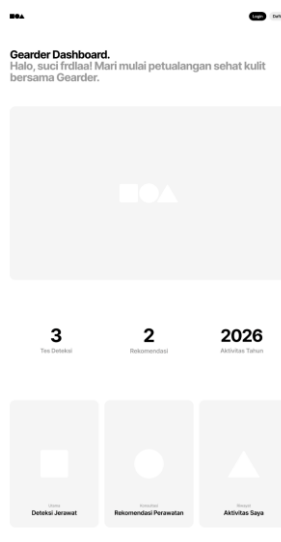
3.5.3 Rancangan UI/UX (*User Interface/User Experience*)

Name Email

Message

[Username \(ditengah\)](#) • [Masuk Sekarang](#) • [Daftar Akun](#)

Gambar 3.5 Halaman Login Website



Gambar 3.6 Halaman Dashboard Website



Gambar 3.7 Halaman Deteksi Wajah



Gambar 3.8 Halaman Rekomendasi Perawatan

3.7 Jadwal Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dari bulan Juli 2025 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Waktu Penelitian						
		Juni	Juli	Agustus	Septem ber	Okto ber	Nove mber	Desem ber
1	Studi Literatur							
2	Pengajuan Judul							
3	Riset Awal							
4	Pembuatan Proposal							

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Sistem

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan aplikasi berbasis web yang dirancang untuk mendeteksi jenis jerawat pada wajah secara *real-time* dengan menggunakan metode YOLOv11 (*You Only Look Once version 11*). Sistem ini tidak hanya berfungsi untuk mengidentifikasi keberadaan jerawat pada citra wajah pengguna, tetapi juga untuk menganalisis tingkat keparahan jerawat berdasarkan jenis jerawat yang terdeteksi, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi perawatan wajah yang sesuai dengan kondisi kulit pengguna.

Arsitektur sistem terdiri dari dua komponen utama, yaitu frontend and backend. Pada sisi frontend, sistem menyediakan antarmuka berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk mengakses fitur unggah gambar (*upload image*) maupun menggunakan kamera secara *real-time*. Antarmuka ini dirancang agar mudah digunakan (*user-friendly*) sehingga pengguna dapat dengan cepat melakukan proses deteksi tanpa memerlukan pengetahuan teknis yang mendalam.

Secara umum, sistem bekerja dengan alur yang dimulai dari masukan berupa citra wajah pengguna, baik melalui fitur unggah foto maupun kamera *real-time*. Citra yang diperoleh selanjutnya akan dikirim ke backend untuk diproses menggunakan model YOLOv11 yang telah dilatih sebelumnya menggunakan dataset jerawat. Pada tahap ini, model melakukan proses deteksi objek pada area wajah untuk mengidentifikasi jenis jerawat yang muncul. Setelah sistem berhasil

mendeteksi jenis jerawat, sistem selanjutnya melakukan analisis terhadap tingkat keparahan jerawat berdasarkan hasil deteksi tersebut.

Berdasarkan hasil analisis ini, sistem secara otomatis menampilkan rekomendasi perawatan wajah yang disesuaikan dengan kondisi kulit pengguna. Dengan demikian, sistem tidak hanya memberikan informasi mengenai hasil deteksi, tetapi juga menyediakan saran perawatan awal yang dapat dijadikan acuan oleh pengguna dalam menangani permasalahan kulit wajah.

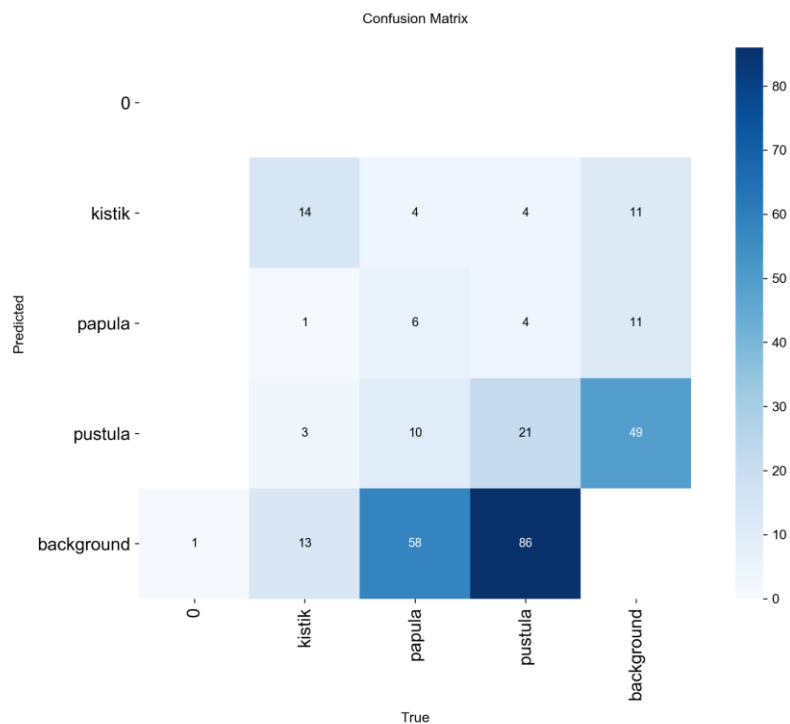
Secara keseluruhan, sistem ini dirancang untuk memberikan solusi yang praktis dan cepat dalam mendeteksi serta menganalisis kondisi jerawat pada wajah. Dengan memanfaatkan teknologi deep learning, sistem mampu meningkatkan efisiensi dalam menjaga kesehatan kulit wajah.

4.2 Implementasi Sistem dan Pelatihan Model YOLOv11

Pada tahap ini dilakukan implementasi dari sistem yang telah dirancang pada Bab III, yang meliputi proses pembangunan model deteksi jerawat menggunakan metode YOLOv11, proses pelatihan model menggunakan bahasa pemrograman Python, serta integrasi model ke dalam aplikasi berbasis web. Implementasi ini menghasilkan sistem yang mampu mendeteksi jenis jerawat secara real-time serta memberikan rekomendasi perawatan berdasarkan hasil analisis.

Implementasi model dilakukan menggunakan algoritma YOLOv11 yang termasuk dalam kategori single-stage object detection, yang mampu melakukan deteksi objek secara cepat dan efisien dalam satu kali proses komputasi. Dataset

yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra wajah yang mengandung jerawat dengan tiga kategori utama, yaitu papula, pustula, dan kritik. Proses anotasi dataset dilakukan menggunakan platform Roboflow, dimana setiap objek jerawat diberi penandaan berupa bounding box untuk menunjukkan lokasi objek pada citra. Pada proses pelatihan model diperoleh metrik evaluasi dan confusion matrix berdasarkan data validasi. Gambar 4.1 dibawah ini menunjukkan hasil confusion matrix yang digunakan untuk menganalisis kinerja model dalam mengklasifikasikan jenis jerawat.



Gambar 4. 1 Confusion Matrix Hasil Model Training

Berdasarkan gambar 4.1, confusion matrix digunakan untuk mengevaluasi kinerja model dalam mengklasifikasikan objek jerawat dalam tiga kategori, yaitu

papula, pustula, dan kistik. Pada confusion matrix, sumbu horizontal menunjukkan kelas sebenarnya (true label), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan hasil prediksi model (predicted label).

Nilai yang berada pada diagonal utama menunjukkan jumlah prediksi yang benar untuk masing-masing kelas. Semakin tinggi nilai pada diagonal, maka semakin baik kemampuan model dalam mengelola kelas tersebut. Berdasarkan hasil yang diperoleh, terlihat bahwa model memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mendeteksi kelas pustula, yang ditunjukkan oleh nilai prediksi benar yang relatif lebih tinggi diantara dua kelas lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa model lebih mudah mengenali karakteristik visual pustula, seperti adanya nanah dan warna lebih kontras.

Secara keseluruhan, confusion matrix menunjukkan bahwa model telah mampu melakukan klasifikasi dengan cukup baik, namun masih memiliki keterbatasan dalam membedakan objek dengan karakteristik visual yang mirip. Pada hasil analisis confusion matrix tersebut, performa model dapat dikaitkan dengan nilai metrik evaluasi yang diperoleh selama proses validasi, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.1. Hubungan antara confusion matrix dan metrik evaluasi ini penting untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kemampuan model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis jerawat.

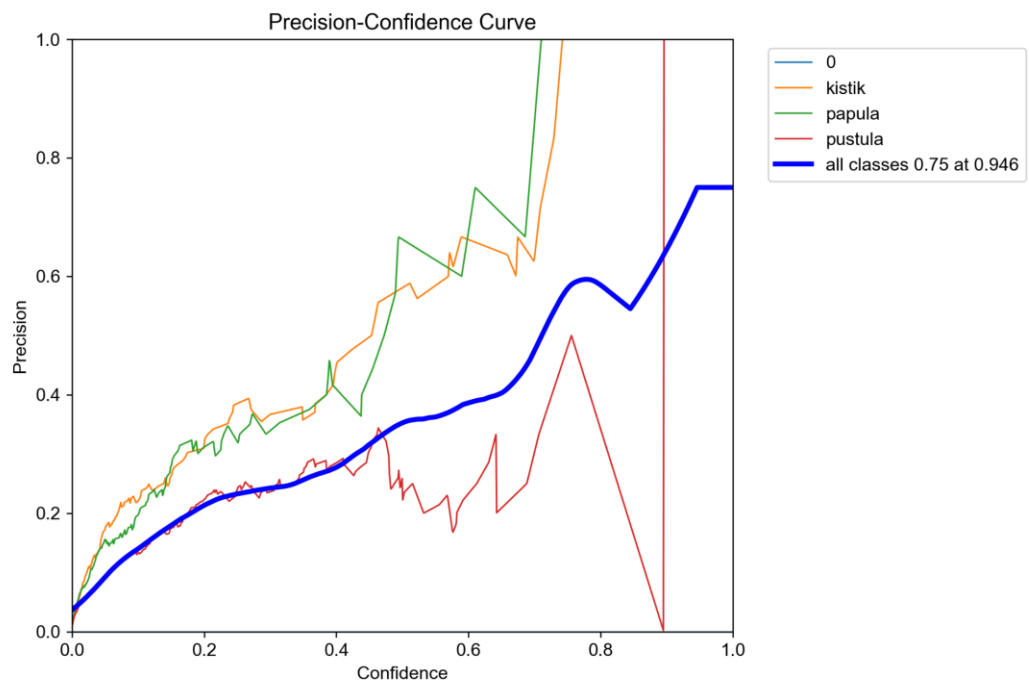
Tabel 4.1 Hasil Metrik Evaluasi Model Training

No	Metrik Evaluasi	Nilai
1	Precision	± 0.20
2	Recall	± 0.18
3	mAP@0.5	± 0.14
4	mAP@0.5:0.95	± 0.06

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat disimpulkan bahwa model telah mampu melakukan deteksi dan klasifikasi objek jerawat pada citra wajah dengan cukup baik. Nilai precision dan recall menunjukkan bahwa model telah memiliki kemampuan dalam mengenali objek jerawat, meskipun masih terdapat beberapa kesalahan prediksi pada kondisi tertentu.

Nilai mAP yang diperoleh menunjukkan bahwa model telah mampu mengidentifikasi objek dengan tingkat akurasi yang cukup memadai dalam konteks penelitian ini. Hasil tersebut sejalan dengan visualisasi confusion matrix dan grafik evaluasi yang menunjukkan bahwa model telah berhasil mempelajari pola dari dataset yang digunakan. Perbedaan performa antar kelas, seperti pada kelas papula dan kistik, menunjukkan bahwa model masih menghadapi tantangan dalam membedakan objek dengan karakteristik visual yang serupa. Hal ini merupakan kondisi yang umum terjadi pada deteksi objek berbasis citra, terutama pada objek dengan bentuk dan tekstur yang hampir sama.

Selain itu, faktor seperti variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta distribusi jumlah data pada masing-masing kelas turut mempengaruhi hasil deteksi yang diperoleh. Meskipun demikian, model yang dikembangkan dalam penelitian ini telah menunjukkan kinerja yang cukup representatif dan dapat diimplementasikan pada sistem deteksi jerawat berbasis web secara real-time.



Gambar 4. 2 Kurva *Precision-Recall* Model Training

Selanjutnya, untuk memperkuat analisis terhadap kinerja model, dilakukan evaluasi menggunakan kurva *Precision-Recall* (*PR Curve*) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2. Kurva ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara nilai *precision* dan *recall* pada berbagai *threshold*, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai performa model dalam mendeteksi objek.

Berdasarkan Gambar 4.2, terlihat bahwa nilai *precision* cenderung menurun seiring dengan meningkatnya nilai *recall*. Hal ini menunjukkan adanya *trade-off* antara *precision* dan *recall*, dimana peningkatan kemampuan model dalam menemukan lebih banyak objek (*recall* tinggi) diikuti dengan meningkatnya kemungkinan kesalahan deteksi (*precision* menurun). Fenomena ini merupakan karakteristik umum pada model deteksi objek.

Selain itu, dari grafik tersebut juga dapat diamati bahwa performa model pada masing-masing kelas memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Kelas kistik menunjukkan nilai *precision* yang relatif lebih tinggi dibandingkan kelas lainnya pada beberapa titik *recall*, sementara kelas papula dan pustula cenderung memiliki performa yang lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa model lebih mampu mengenali ciri khas visual dari jerawat kistik dibandingkan jenis lainnya.

Nilai mAP@0.5 yang diperoleh sebesar ± 0.145 juga tercermin pada luas area di bawah kurva PR, yang menunjukkan bahwa kemampuan model dalam mendeteksi objek masih berada pada kategori sedang. Hal ini sejalan dengan hasil evaluasi sebelumnya yang menunjukkan bahwa model masih memiliki keterbatasan dalam membedakan objek dengan karakteristik visual yang mirip.

Beberapa faktor yang mempengaruhi bentuk kurva Precision-Recall ini antara lain kualitas dan jumlah dataset, keseimbangan jumlah data antar kelas, serta kompleksitas fitur visual dari masing-masing jenis jerawat. Ketidakseimbangan data, misalnya jumlah sampel papula yang lebih sedikit dibandingkan pustula atau

kistik, dapat menyebabkan model kurang optimal dalam mempelajari pola dari kelas tersebut.

Dengan demikian, analisis berdasarkan kurva *Precision-Recall* menunjukkan bahwa model telah mampu mendeteksi objek jerawat dengan cukup baik. Meskipun demikian, masih terdapat ruang untuk peningkatan pada tahap pelatihan model, seperti penambahan jumlah dataset, penerapan teknik augmentasi data, serta tuning parameter, guna meningkatkan performa deteksi secara lebih optimal dan konsisten.

4.3 Analisis Testing Model Pada Foto dan *Real-time*

Pada tahap ini, pengujian model YOLOv11 dilakukan melalui skenario utama, yaitu pengujian pada citra statis (foto) dan pengujian secara *real-time* menggunakan kamera. Penerapan dua skenario tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kemampuan model dalam mendeteksi objek jerawat pada kondisi input yang berbeda. Pengujian pada citra foto digunakan untuk menilai performa model pada gambar dengan kondisi yang relatif lebih stabil, sedangkan pengujian *real-time* digunakan untuk mengetahui kemampuan model saat diimplementasikan secara langsung dalam sistem berbasis *website*.

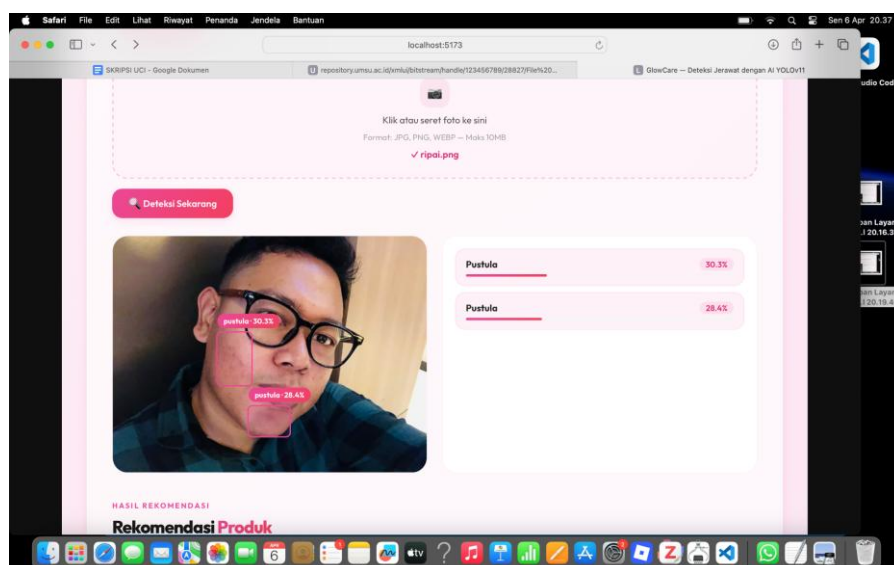
Melalui kedua skenario tersebut, pengujian tidak hanya difokuskan pada keberhasilan model dalam mendeteksi jerawat, tetapi juga pada konsistensi hasil klasifikasi untuk tiga kategori jerawat yang digunakan dalam penelitian, yaitu papula, pustula, dan kistik. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk melihat pengaruh faktor-faktor eksternal, seperti pencahayaan, sudut pengambilan

gambar, jarak wajah terhadap kamera, kualitas citra, dan pergerakan objek terhadap performa model.

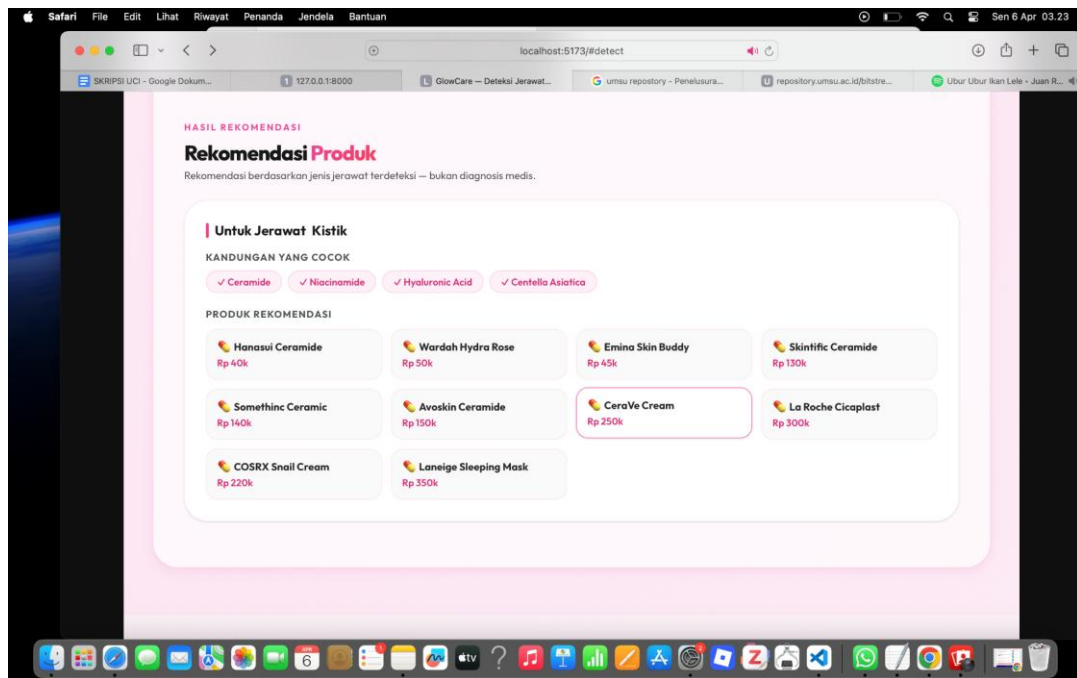
Hasil perbandingan performa model pada dua kondisi penggunaan yang berbeda ini menjadi penting untuk mengetahui apakah model memiliki kinerja yang stabil ketika digunakan dalam kondisi terkontrol maupun dalam kondisi penggunaan nyata. Oleh karena itu, tahap pengujian ini berperan penting dalam menilai kelayakan model YOLOv11 untuk diimplementasikan pada sistem deteksi jerawat berbasis web yang bersifat praktis, interaktif, dan dapat digunakan secara langsung oleh pengguna.

4.3.1 Pengujian Model pada Foto

Pengujian pada citra foto dilakukan dengan memasukkan gambar wajah yang terdeteksi jerawat ke dalam sistem melalui fitur *upload image*. Setiap citra yang diinputkan kemudian diproses oleh model YOLOv11 untuk mendeteksi objek jerawat dan mengklasifikasikannya ke dalam tiga kategori, yaitu papula, pustula, dan kistik.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Model pada Foto



Gambar 4.4 Rekomendasi Produk Pengujian Model pada Foto

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar yang ditampilkan pada Gambar diatas, model berhasil mendeteksi beberapa area jerawat pada wajah pengguna yang ditandai dengan bounding box berwarna merah muda. Pada gambar tersebut, sistem mengidentifikasi tiga area utama jerawat yang diklasifikasikan sebagai kistik, dengan nilai confidence masing-masing sebesar 69.8%, 58.4%, dan 27.0%.

Deteksi dengan nilai confidence tertinggi (69.8%) terlihat pada area dahi, yang menunjukkan bahwa model memiliki tingkat keyakinan yang cukup tinggi terhadap keberadaan jerawat kistik pada area tersebut. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh ciri visual jerawat yang cukup jelas, seperti ukuran yang lebih besar, tekstur menonjol, serta warna yang kontras dibandingkan kulit di sekitarnya. Sementara itu, deteksi pada area pipi dengan *confidence* 58.4% juga

menunjukkan performa yang cukup baik, meskipun terdapat variasi tekstur kulit dan pencahayaan yang sedikit mempengaruhi hasil prediksi.

Di sisi lain, terdapat deteksi dengan nilai *confidence* yang lebih rendah, yaitu 27.0% pada area dahi bagian tengah. Nilai ini menunjukkan bahwa model masih memiliki keraguan dalam mengklasifikasikan objek tersebut secara pasti sebagai jerawat kistik. Hal ini dapat disebabkan oleh ukuran objek yang lebih kecil, kontras warna yang kurang jelas, atau kemiripan visual dengan kondisi kulit normal maupun jenis jerawat lainnya.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa model telah mampu mendeteksi lokasi jerawat dengan cukup baik serta memberikan klasifikasi yang relevan sesuai dengan kondisi pada citra. Visualisasi *bounding box* yang tepat pada area wajah menunjukkan bahwa model mampu mengenali pola distribusi jerawat pada wajah pengguna.

4.3.2 Pengujian Model Secara *Real-Time*

Pengujian model secara *real-time* dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem deteksi jerawat berbasis YOLOv11 dalam kondisi penggunaan nyata melalui media kamera pada aplikasi web yang telah dikembangkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi objek jerawat secara langsung, menilai kecepatan respon sistem, serta mengamati kestabilan hasil deteksi terhadap perubahan kondisi lingkungan dan interaksi pengguna.

Pada tahap ini, pengguna mengakses fitur deteksi melalui antarmuka *website*, kemudian sistem akan mengaktifkan kamera perangkat (laptop atau

perangkat lainnya) untuk menangkap citra wajah secara kontinu dalam bentuk *frame* video. Setiap *frame* yang dihasilkan akan dikirimkan ke backend untuk diproses menggunakan model YOLOv11 yang telah melalui tahap pelatihan sebelumnya. Proses deteksi dilakukan secara berulang (*frame-by-frame*), di mana setiap *frame* dianalisis untuk mengidentifikasi keberadaan objek jerawat berdasarkan fitur visual yang telah dipelajari oleh model.

Model YOLOv11 kemudian menghasilkan output berupa koordinat *bounding box*, label kelas jerawat (papula, pustula, atau kistik), serta nilai *confidence score* yang menunjukkan tingkat keyakinan model terhadap hasil prediksi. *Output* tersebut selanjutnya dikirim kembali ke frontend dan disosialisasikan secara langsung pada layar pengguna dalam bentuk kotak pembatas yang mengikuti posisi objek jerawat pada wajah. Proses ini berlangsung secara cepat dan berulang, sehingga menciptakan pengalaman deteksi secara *real-time*.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem mampu menjalankan proses deteksi secara langsung dengan waktu respon yang relatif cepat dan tanpa jeda yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara model YOLOv11 dan sistem berbasis web telah berjalan dengan baik serta mampu mendukung kebutuhan aplikasi *real-time*. Visualisasi *bounding box* yang muncul pada wajah pengguna juga menunjukkan bahwa model mampu mengenali lokasi jerawat secara dinamis mengikuti pergerakan wajah.

Namun demikian, performa sistem dalam pengujian *real-time* sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal. Salah satu faktor utama adalah

kondisi pencahayaan. Pada kondisi pencahayaan yang cukup dan merata, sistem menunjukkan performa deteksi yang lebih optimal, ditandai dengan *bounding box* yang lebih stabil dan nilai *confidence* yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada kondisi pencahayaan yang kurang, terlalu terang atau terdapat bayangan pada wajah, sistem mengalami penurunan akurasi, di mana beberapa objek jerawat tidak terdeteksi atau memiliki nilai *confidence* yang rendah.

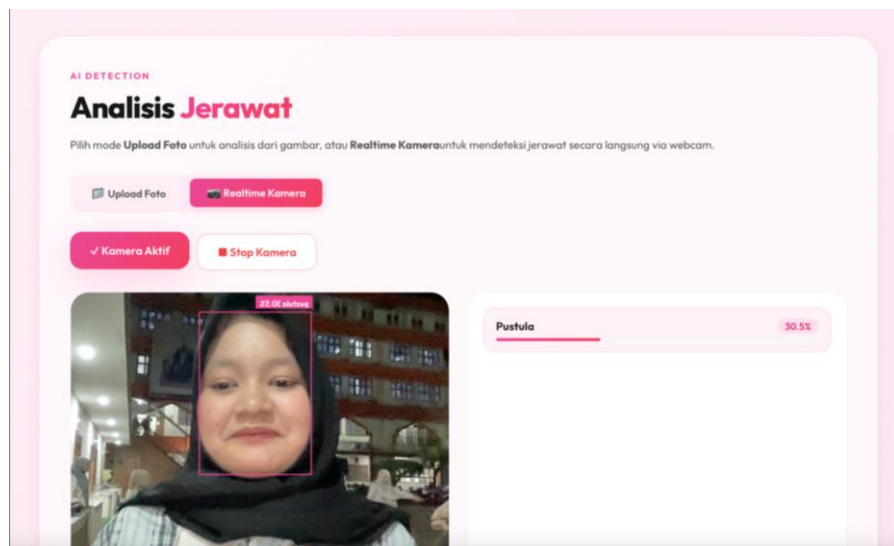
Selain pencahayaan, jarak antara wajah pengguna dan kamera juga mempengaruhi hasil deteksi. Pada jarak yang ideal, yaitu ketika wajah terlihat jelas dan tidak terlalu kecil dalam *frame*, model mampu mendeteksi jerawat dengan lebih baik. Namun, ketika wajah terlalu jauh, ukuran objek jerawat menjadi sangat kecil sehingga sulit dikenali oleh model. Sebaliknya, jika wajah terlalu dekat dengan kamera, sebagian area wajah dapat terpotong sehingga mengurangi efektivitas deteksi secara keseluruhan.

Faktor lain yang turut mempengaruhi adalah pergerakan pengguna. Dalam kondisi wajah yang relatif diam, sistem mampu menghasilkan deteksi yang lebih konsisten dan stabil. Namun, ketika pengguna melakukan pergerakan cepat, seperti menggeser posisi wajah atau mengubah sudut secara tiba-tiba, hasil deteksi dapat mengalami fluktuasi, seperti *bounding box* yang berpindah-pindah atau muncul dan hilang secara tidak stabil. Hal ini terjadi karena setiap *frame* diproses secara independen, sehingga perubahan input yang cepat dapat mempengaruhi hasil prediksi model.

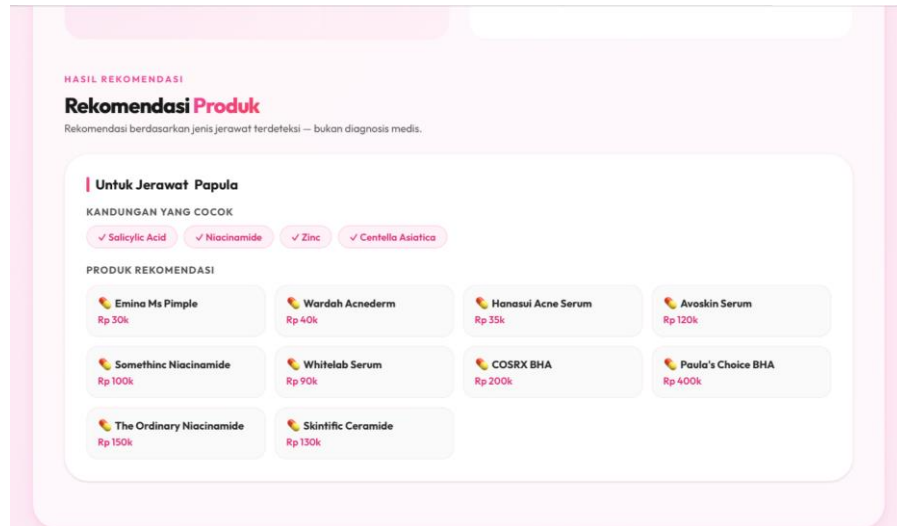
Dari aspek klasifikasi, sistem telah mampu mengidentifikasi jenis jerawat sesuai dengan kategori yang digunakan dalam penelitian, yaitu papula, pustula,

dan kistik. Meskipun demikian, pada beberapa kondisi tertentu masih ditemukan ketidakkonsistenan dalam klasifikasi, terutama pada objek dengan karakteristik visual yang mirip. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan label antar frame atau nilai *confidence* yang tidak stabil. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa model masih memiliki keterbatasan dalam membedakan objek dengan fitur visual yang kompleks dan serupa.

Secara keseluruhan, hasil pengujian model secara real-time menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah mampu berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu melakukan deteksi jerawat secara langsung melalui aplikasi berbasis web. Sistem mampu memberikan respon yang cepat, menampilkan hasil deteksi secara visual, serta mendukung interaksi pengguna secara *real-time*.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Model Secara Real-Time



Gambar 4.6 Rekomendasi Produk Pengujian Model Secara *Real-Time*

Gambar tersebut menampilkan hasil implementasi antarmuka sistem deteksi jerawat berbasis web yang telah dikembangkan, mulai dari proses deteksi secara *real-time* hingga keluaran berupa rekomendasi produk perawatan wajah berdasarkan jenis jerawat yang terdeteksi. Kedua tampilan ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi untuk mengenali jerawat pada wajah pengguna, tetapi juga memberikan tindak lanjut berupa saran perawatan yang relevan.

Hasil deteksi divisualisasikan dalam bentuk *bounding box* berwarna merah muda pada area wajah yang terindikasi jerawat. Selain itu, sistem juga menampilkan hasil klasifikasi jenis jerawat, yaitu papula, dengan nilai confidence score sebesar 35,3%. Nilai tersebut menunjukkan tingkat keyakinan model terhadap hasil prediksi pada citra yang sedang diproses. Setelah proses deteksi dilakukan, sistem melanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu memberikan rekomendasi perawatan wajah yang disesuaikan dengan jenis jerawat yang

terdeteksi. Pada gambar kedua terlihat halaman rekomendasi produk yang secara khusus menampilkan saran untuk jerawat papula. Selanjutnya, sistem menampilkan bagian “Kandungan yang cocok”, yang berisi bahan aktif yang direkomendasikan untuk menangani jerawat papula, yaitu *Salicylic Acid*, *Niacinamide*, *Zinc*, dan *Centella Asiatica*.

4.3.3 Evaluasi Respons Sistem

Evaluasi respons sistem dilakukan untuk mengetahui performa aplikasi dalam memproses input citra wajah dan menghasilkan *output* deteksi secara cepat dan stabil, khususnya pada fitur deteksi jerawat berbasis *real-time* melalui aplikasi web.

Tabel 4.2 Hasil Evaluasi Respons Sistem

Skenario	Waktu Respon	Hasil Deteksi	Keterangan
Pencahayaan normal	< 1 detik	Stabil	Optimal
Pencahayaan tidak ideal	< 1 detik	Kurang stabil	Confidence menurun
Jarak wajah tidak ideal	< 1 detik	Kurang akurat	Objek sulit dikenali
Pergerakan cepat	< 1 detik	Tidak stabil	Fluktuatif

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.2, dapat diketahui bahwa sistem memiliki waktu respon yang relatif cepat, yaitu kurang dari 1 detik untuk setiap proses deteksi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah mampu bekerja secara *real-time* dan responsif terhadap input yang diberikan oleh pengguna.

Secara keseluruhan, sistem telah menunjukkan performa yang cukup baik dalam hal kecepatan respon dan kemampuan deteksi secara *real-time*. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa keterbatasan yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan kualitas input citra. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan kestabilan dan akurasi sistem dalam berbagai kondisi penggunaan.

4.4 Analisis Kinerja Sistem Pendeteksi Jerawat

Analisis kinerja sistem dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendeteksi objek jerawat secara akurat dan konsisten. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana model mampu mengidentifikasi objek dengan benar serta mengurangi kesalahan deteksi. Dalam penelitian ini, pengukuran kinerja dilakukan menggunakan *metrik precision, recall, dan mean Average Precision (mAP)* yang umum digunakan dalam sistem deteksi objek berbasis *deep learning*.

Dataset yang digunakan berasal dari *platform Roboflow* dengan total 934 citra wajah yang telah di anotasi dalam format YOLOv11. Model dilatih menggunakan algoritma YOLO dengan konfigurasi pelatihan selama 50 *epoch*. Selain itu, sistem diimplementasikan secara *real-time* menggunakan kamera

dengan komunikasi berbasis *WebSocket* sehingga memungkinkan deteksi dilakukan secara langsung pada kamera *real-time*.

4.4.1 Analisis *Precision* dan *Recall*

Precision merupakan metrik yang dilakukan tingkat ketepatan model dalam melakukan prediksi terhadap objek jerawat. Nilai *precision* yang tinggi mengindikasikan bahwa sebagian besar objek yang terdeteksi benar-benar merupakan jerawat (minim *false positive*). Sementara itu, *recall* menunjukkan kemampuan model dalam mendeteksi seluruh objek jerawat yang ada pada citra. Nilai *recall* yang tinggi menandakan bahwa model mampu menemukan sebagian besar objek yang seharusnya terdeteksi.

Berdasarkan hasil pengujian, model menunjukkan performa yang cukup baik dalam hal *precision* pada kondisi pencahayaan yang optimal. Hal ini berarti sistem mampu menghindari kesalahan deteksi pada area kulit normal. Namun, nilai *recall* masih belum optimal, yang ditunjukkan dengan masih adanya objek jerawat yang tidak terdeteksi (*false negative*), terutama pada jerawat berukuran kecil atau dengan kontras rendah.

4.4.2 Analisis *Mean Average Precision* (mAP)

Mean Average Precision (mAP) digunakan sebagai indikator performa keseluruhan model dalam mendeteksi objek pada berbagai threshold. Nilai mAP menggambarkan keseimbangan antara *precision* dan *recall* dalam berbagai kondisi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mendeteksi jenis jerawat pada citra statis. Namun, terjadi

penurunan performa ketika sistem dijalankan dalam kondisi real-time. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti kualitas *frame* video yang tidak stabil, adanya *noise*, serta perubahan pencahayaan secara dinamis

4.4.3 Analisis *Confusion Matrix*

Confusion matrix digunakan untuk menganalisis distribusi hasil prediksi model dibandingkan dengan kondisi aktual. Matriks ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu :

1. *True Positive* : objek jerawat yang berhasil terdeteksi dengan benar
2. *False Positive* : area non-jerawat yang salah terdeteksi sebagai jerawat
3. *False Negative* : objek jerawat yang tidak berhasil terdeteksi

Berdasarkan analisis, kesalahan yang paling sering terjadi adalah *false positive* dan *false negative*. *False positive* umumnya terjadi pada area kulit dengan tekstur yang menyerupai jerawat, seperti pori-pori besar atau bayangan. Sementara itu, *false negative* sering terjadi pada jerawat kecil seperti papula yang memiliki karakteristik visual yang sulit dibedakan dari kulit normal.

4.4.4 Analisis *Precision-Recall Curve*

Kurva precision-recall digunakan untuk menggambarkan hubungan antara precision dan recall pada berbagai nilai *threshold* akan meningkatkan nilai precision namun menurunkan nilai *recall*. Hal ini menunjukkan bahwa model cenderung lebih selektif dalam mendeteksi objek, sehingga mampu mengurangi

kesalahan deteksi, tetapi berisiko melewatkan beberapa objek jerawat yang seharusnya terdeteksi. Kondisi ini menunjukkan bahwa model masih belum optimal dalam menangani objek kecil dan objek dengan kontras rendah

4.5 Implementasi Antarmuka *Web* dan *Backend*

Implementasi sistem pada penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan bagian antarmuka pengguna dan bagian pemrosesan data ke dalam satu aplikasi berbasis web. Sistem dirancang agar mampu melakukan deteksi jerawat secara *real-time* menggunakan model YOLOv11, kemudian menampilkan hasil deteksi serta perawatan wajah langsung kepada pengguna. Oleh karena itu, sistem ini dibangun dengan pendekatan full-stack sederhana, yaitu menggunakan backend Python berbasis FastAPI dan *frontend* berbasis HTML dan CSS.

4.5.1 Integrasi Sistem

Integrasi sistem pada penelitian ini dilakukan dengan menghubungkan antarmuka web dengan backend berbasis FastAPI sebagai pusat pemrosesan data. Integrasi ini bertujuan agar seluruh proses, mulai dari penerimaan input citra wajah, pelaksanaan deteksi jerawat menggunakan model YOLOv11, hingga penyajian hasil deteksi dan rekomendasi perawatan wajah, dapat berjalan secara terpadu dalam satu sistem berbasis web. *Backend* memuat model dari bobot hasil pelatihan dan menyediakan layanan deteksi gambar serta deteksi *real-time* melalui *endpoint* yang berbeda.

Pada implementasinya, ketika pengguna berinteraksi dengan antarmuka web, sistem akan mengirimkan data citra ke backend untuk proses lebih lanjut. Jika pengguna memilih fitur unggah gambar, file citra dikirim ke *endpoint /detect*. *Backend* kemudian membaca gambar, mengubahnya ke format yang sesuai, dan menjalankan inferensi menggunakan model YOLO. Dari proses ini, sistem menghasilkan keluaran berupa koordinat *bounding box*, label kelas jerawat, dan nilai *confidence* untuk setiap objek yang terdeteksi. Hasil tersebut selanjutnya dikirim kembali ke *frontend* dalam bentuk data terstruktur agar dapat divisualisasikan pada halaman web.

Untuk mendukung deteksi secara langsung melalui kamera, sistem memanfaatkan komunikasi *WebSocket* pada *endpoint/ws*. Pada mekanisme ini, frame citra dari kamera dikirim secara berkelanjutan dari *frontend* ke backend dalam format base64. *Backend* kemudian melakukan decoding terhadap citra, memprosesnya menggunakan model YOLO, lalu mengembalikan hasil deteksi secara langsung ke antarmuka web. Dengan pendekatan ini, proses deteksi dapat melihat hasil deteksi jerawat secara *real-time* pada halaman aplikasi. Implementasi ini juga menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mendukung analisis citra statis, tetapi juga mampu menangani aliran data visual secara kontinu.

Selain menghasilkan deteksi objek jerawat, *backend* juga mengintegrasikan model rekomendasi perawatan wajah. Setelah jenis jerawat berhasil dikenali, sistem akan membaca kelas jerawat yang terdeteksi, seperti papula, pustula, atau kistik, kemudian mencocokkan dengan basis data

rekomendasi produk yang telah didefinisikan pada *backend*. Basis data tersebut memuat informasi mengenai kandungan skincare yang sesuai dan daftar produk yang telah didefinisikan pada *backend*. Basis data tersebut memuat informasi mengenai kandungan skincare yang sesuai dan daftar produk yang direkomendasikan untuk masing-masing jenis jerawat. Dengan demikian, keluaran yang diberikan kepada pengguna tidak hanya berupa lokasi dan jenis jerawat, tetapi juga saran perawatan wajah yang relevan dengan hasil deteksi.

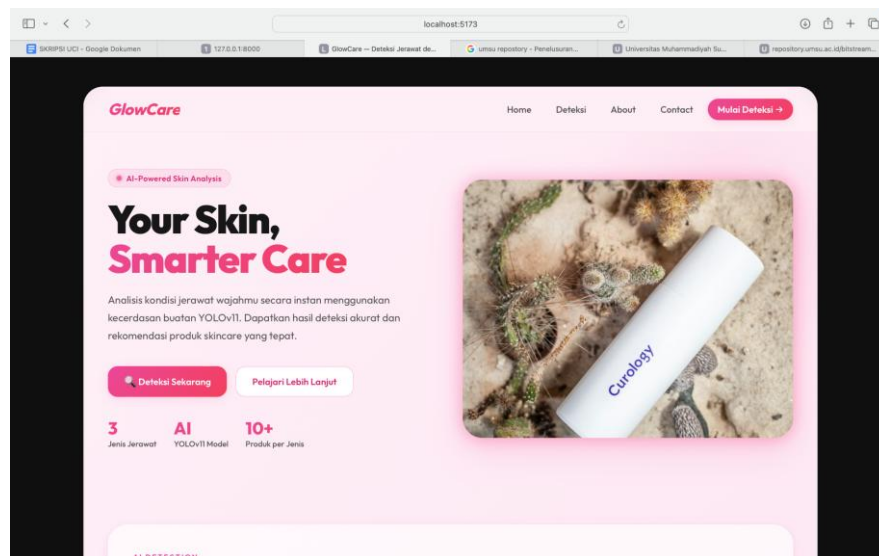
Dalam mendukung proses integrasi tersebut, backend memanfaatkan beberapa pustaka, seperti Ultralytics YOLO untuk menjalankan model deteksi, Pillow untuk pengolahan citra, serta konfigurasi CORS *middleware* untuk memungkinkan komunikasi antara frontend dan backend berjalan dengan baik. Pada sisi *frontend*, halaman web dibangun dengan strukyur HTML dan dijalankan pada aplikasi web yang menggunakan *React* dan *vite*, sehingga proses pertukaran data dengan backend dapat berlangsung secara responsif. Selain itu, sistem *frontend* memang ditujukan sebagai aplikasi deteksi jerawat berbasis AI yang menampilkan analisis jenis jerawat dan rekomendasi skincare pada satu platform.

Secara keseluruhan, integrasi sistem yang dibangun pada penelitian ini telah berhasil menghubungkan seluruh komponen aplikasi ke dalam satu alur kerja yang terstruktur. Proses dimulai dari input citra oleh pengguna, dilanjutkan dengan analisis citra oleh *backend* menggunakan model YOLOv11, kemudian diakhiri dengan pengiriman hasil deteksi dan rekomendasi perawatan ke antarmuka web. Integrasi ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan

telah mampu bekerja secara otomatis, interaktif, dan informatif sesuai dengan tujuan penelitian.

4.5.2 Tampilan Antarmuka Web

Pada tahap implementasi, sistem yang dikembangkan tidak hanya difokuskan pada proses deteksi jerawat di sisi backend, tetapi juga pada perancangan antarmuka web yang mampu mendukung interaksi pengguna dengan sistem secara mudah dan efektif. Antarmuka web dirancang untuk menampilkan alur penggunaan aplikasi secara terstruktur, mulai dari halaman utama, proses analisis jerawat menggunakan kamera, hingga hasil deteksi yang ditampilkan secara langsung.

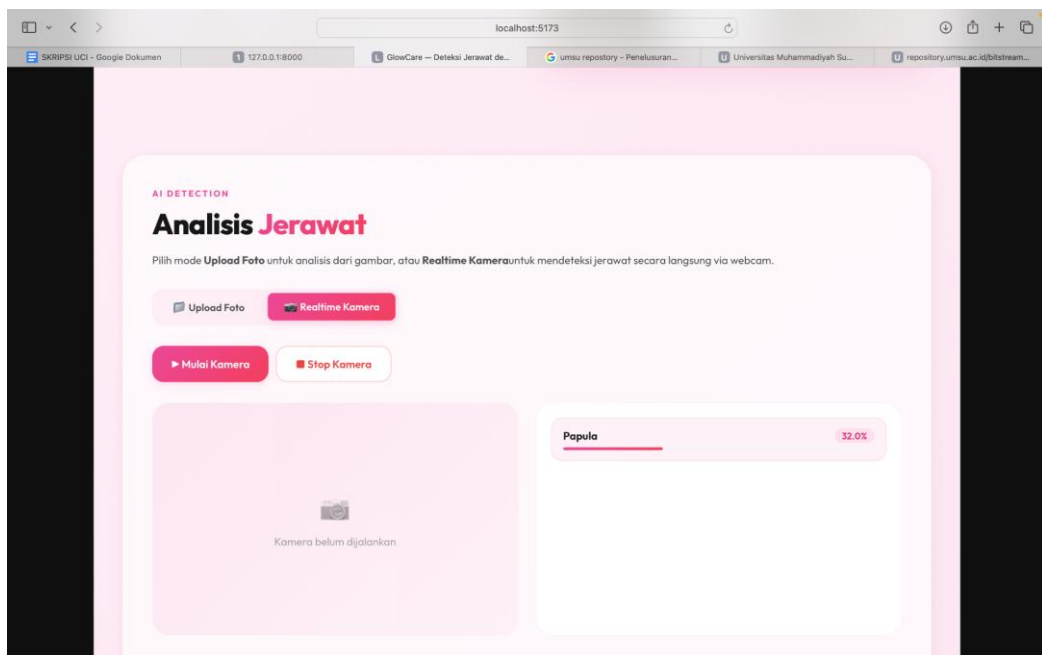


Gambar 4.7 Tampilan Antarmuka Utama Web

Gambar 4.7 tampilan antarmuka utama dari aplikasi web GlowCare yang telah diimplementasikan. Pada halaman ini, pengguna dapat mengakses fitur utama seperti menu *Home*, *Deteksi*, *About*, dan *Contact*. Selain itu, terdapat

tombol “Mulai Deteksi” yang berfungsi untuk mengarahkan pengguna ke halaman deteksi jerawat.

Tampilan ini dirancang dengan konsep user-friendly dan responsif agar memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem. Informasi yang ditampilkan pada halaman utama juga memberikan gambaran umum mengenai fungsi aplikasi, yaitu sebagai sistem analisis kondisi kulit berbasis kecerdasan buatan (AI).

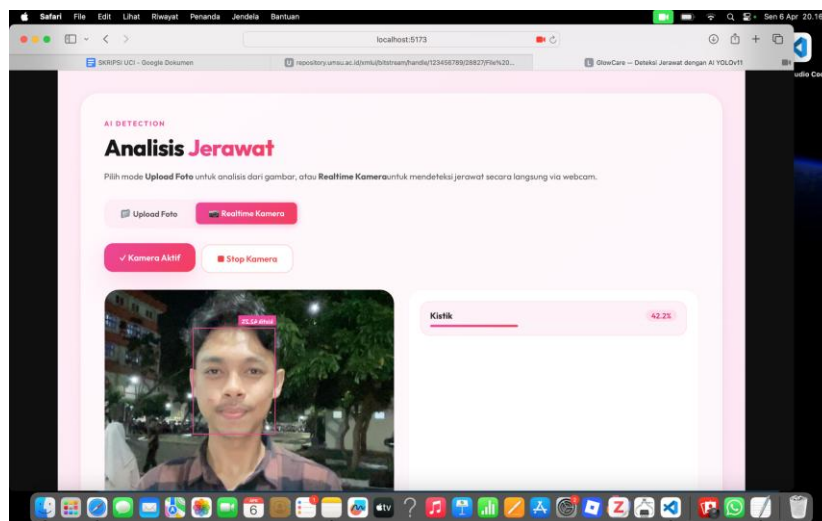


Gambar 4.8 Tampilan Kamera Analisis Jerawat

Dengan adanya tampilan halaman fitur kamera pada aplikasi web GlowCare yang digunakan untuk melakukan proses deteksi jerawat secara *real-time*. Pada halaman ini, pengguna diberikan pilihan untuk menggunakan kamera perangkat secara langsung melalui tombol “*Real-time* Kamera”, serta tersedia tombol “Kamera Aktif” dan “*Stop* Kamera” untuk mengontrol proses pengambilan citra.

Fungsi utama dari halaman ini adalah sebagai media citra wajah secara langsung tanpa perlu mengunggah gambar terlebih dahulu. Dengan adanya fitur ini, sistem dapat menangkap *frame* citra secara kontinu dari kamera, sehingga memungkinkan proses deteksi jerawat dilakukan secara *real-time*. Selain itu, halaman ini juga menampilkan area tampilan kamera yang akan digunakan sebagai objek analisis oleh sistem.

Kaitannya dengan sistem secara keseluruhan, halaman ini merupakan bagian dari *frontend* yang terhubung dengan *backend* berbasis FastAPI. Setiap *frame* citra yang ditangkap akan dikirim ke *backend* untuk diproses menggunakan model YOLOv11, sehingga halaman ini menjadi tahap awal dalam proses analisis jerawat secara langsung.



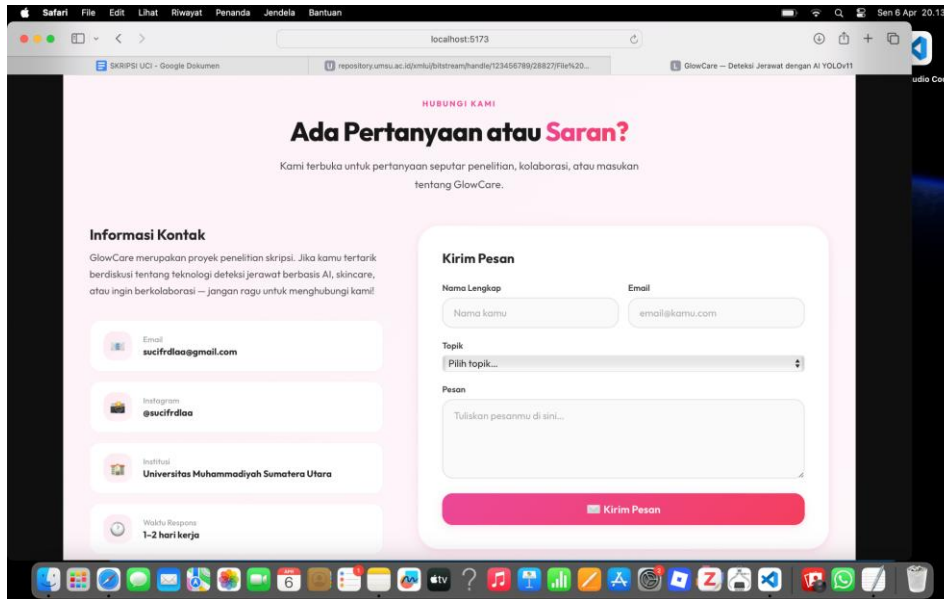
Gambar 4.9 Tampilan Hasil Kamera Analisis Jerawat

Gambar 4.9 menunjukkan hasil dari proses deteksi jerawat yang dilakukan kamera secara *real-time*. Pada tampilan ini terlihat bahwa sistem telah berhasil mendeteksi area jerawat pada wajah pengguna yang ditandai dengan *bounding*

box berwarna merah muda, serta label jenis jerawat yang teridentifikasi, yaitu papula, beserta nilai *confidence*.

Selain menampilkan hasil deteksi secara visual, sistem juga menampilkan informasi tambahan berupa persentase tingkat keyakinan deteksi. Hal ini membantu pengguna dalam memahami seberapa akurat sistem dalam mengenali jenis jerawat pada area wajah tertentu. Dari segi fungsi, tampilan ini berperan sebagai *output* utama dari proses deteksi, di mana pengguna dapat melihat secara langsung hasil analisis kondisi kulit wajah. Hasil deteksi ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan rekomendasi perawatan wajah yang sesuai dengan jenis jerawat yang terdeteksi.

Kaitannya dengan sistem, tampilan ini merupakan hasil integrasi antara *frontend* dan *backend*, di mana *backend* memproses citra menggunakan model YOLOv11, kemudian mengirimkan hasilnya kembali ke *frontend* untuk divisualisasikan. Dengan demikian, tampilan ini menunjukkan bahwa sistem telah mampu bekerja secara *real-time* dan memberikan hasil deteksi yang informatif kepada pengguna.



Gambar 4.10 Tampilan Halaman *Contact* GlowCare

Gambar 4.10 menunjukkan tampilan halaman *Contact* pada aplikasi web GlowCare yang digunakan sebagai media komunikasi antara pengguna dan pembembang sistem. Pada halaman ini, pengguna dapat mengirimkan pesan, pertanyaan, maupun saran terkait penggunaan aplikasi.

Fitur yang tersedia pada halaman ini meliputi *form input* yang terdiri dari nama lengkap, email, topik pesan, serta isi pesan yang ingin disampaikan. Selain itu, halaman ini juga menampilkan informasi kontak seperti alamat email, akun media sosial, institusi, serta estimasi waktu respons.

Dari segi fungsi, halaman ini berperan sebagai sarana interaksi pengguna dengan pengembang, sehingga pengguna dapat memberikan umpan balik terhadap sistem yang telah digunakan. Hal ini penting dalam pengembangan sistem berbasis web, karena masukan dari pengguna dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dan pengembangan lebih lanjut.

Kaitannya dengan sistem secara keseluruhan, halaman ini merupakan bagian dari *frontend* yang melengkapi fitur aplikasi, tidak secara langsung terlibat dalam proses deteksi jerawat, namun berperan dalam meningkatkan kualitas layanan sistem melalui komunikasi dua arah antara pengguna dan pengembang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melihat semua langkah dalam penelitian sebelumnya, diperoleh beberapa hasil yang dapat disimpulkan yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sebuah aplikasi berbasis web yang mampu melakukan deteksi jerawat pada wajah pengguna menggunakan metode YOLOv11. Sistem terdiri dari dua komponen utama, yaitu *frontend* sebagai antarmuka pengguna dan *backend* sebagai pusat pemrosesan data menggunakan Python dan FastAPI. Sistem ini mampu menerima *input* berupa citra wajah melalui fitur unggah gambar maupun kamera *real-time*.
2. Model YOLOv11 yang digunakan dalam penelitian ini mampu mendeteksi objek jerawat pada citra wajah dengan tiga kategori utama, yaitu papula, pustula, dan kistik. Hasil deteksi ditampilkan dalam bentuk *bounding box*, label jenis jerawat, serta nilai *confidence score*. Hal ini menunjukkan bahwa model telah mampu mengenali pola *visual* jerawat berdasarkan fitur yang dipelajari dari dataset.
3. Sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi untuk mendeteksi jerawat, tetapi juga mampu memberikan rekomendasi perawatan wajah berdasarkan jenis jerawat yang terdeteksi. Rekomendasi yang diberikan berupa kandungan skincare yang sesuai, seperti *salicylic acid*, *niacinamide*, *zinc*, dan *centella asiatica*, sehingga dapat membantu pengguna dalam menentukan perawatan awal secara praktis.

4. Berdasarkan hasil evaluasi, model memperoleh nilai *precision* sebesar $\pm 0,20$, *recall* sebesar $\pm 0,18$, *mAP@0.5* sebesar $\pm 0,14$, dan *mAP@0.5:0.95* sebesar $\pm 0,06$.

Hasil ini menunjukkan bahwa model telah mampu melakukan deteksi awal terhadap objek jerawat, namun performanya masih belum optimal dan memerlukan peningkatan lebih lanjut, terutama dalam mendeteksi objek kecil dan objek dengan karakteristik visual yang mirip.

5. Sistem mampu melakukan deteksi secara real-time dengan waktu respons kurang dari 1 detik. Namun, hasil deteksi dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal, seperti kondisi pencahayaan, jarak wajah terhadap kamera, kualitas citra, serta pergerakan pengguna. Pada kondisi yang ideal, sistem menunjukkan performa yang lebih stabil, sedangkan pada kondisi tidak ideal terjadi penurunan akurasi dan kestabilan deteksi.

6. Sistem mampu mendeteksi lebih dari satu jenis jerawat dalam satu citra wajah, namun rekomendasi yang dihasilkan masih terbatas pada satu jenis jerawat dominan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian sistem deteksi jerawat menggunakan metode YOLO (*You Only Look Once*), terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai bahan masukan untuk pengembangan selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penambahan jumlah dataset serta variasi data citra, baik dari segi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, maupun warna kulit, agar model dapat belajar lebih optimal dan meningkatkan akurasi deteksi.

2. Jenis jerawat yang dideteksi dapat diperluas tidak hanya terbatas pada papula, pustula, dan kistik, tetapi juga mencakup jenis jerawat lain seperti *whitehead*, *blackhead*, dan nodula agar sistem menjadi lebih komprehensif.
3. Diperlukan optimasi model melalui pengaturan parameter pelatihan seperti *epoch*, *learning rate*, serta penerapan teknik *augmentasi* data untuk meningkatkan performa deteksi, terutama pada objek berukuran kecil.
4. Sistem rekomendasi perawatan wajah sebaiknya dikembangkan berdasarkan referensi ilmiah atau divalidasi oleh ahli dermatologi agar hasil rekomendasi lebih akurat dan dapat dipercaya.
5. Pada implementasi *real-time*, perlu dilakukan peningkatan kestabilan sistem terhadap kondisi pencahayaan, jarak wajah, serta pergerakan pengguna agar hasil deteksi lebih konsisten.
6. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem ke *platform mobile* atau melakukan perbandingan dengan metode deteksi objek lainnya agar diperoleh performa sistem yang lebih optimal dan aplikatif.
7. Sistem disarankan untuk dikembangkan agar mampu memberikan rekomendasi berdasarkan beberapa jenis jerawat yang terdeteksi secara bersamaan (*multi-label recommendation*) bukan berdasarkan jenis jerawat yang lebih dominan.

DAFTAR PUSTAKA

- Addor, Flavia Alvim Sant'Anna, dan Sergio Schalka. 2010. "Acne da mulher adulta: aspectos epidemiológicos, diagnósticos e terapêuticos." *Anais Brasileiros de Dermatologia* 85(6): 789–95. doi:[10.1590/S0365-05962010000600003](https://doi.org/10.1590/S0365-05962010000600003).
- Astiadewi, Erinna, Martanto Martanto, Arif Rinaldi Dikananda, dan Dede Rohman. 2025. "ALGORITMA YOLOV8 UNTUK MENINGKATKAN ANALISA GAMBAR DALAM MENDETEKSI JERAWAT." *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)* 7(1): 346–53. doi:[10.51401/jinteks.v7i1.5432](https://doi.org/10.51401/jinteks.v7i1.5432).
- Dillon, J. G., C. W. Wade, dan W. H. Daly. 1976. "Enzyme Immobilization on Fibrin." *Biotechnology and Bioengineering* 18(1): 133–39. doi:[10.1002/bit.260180112](https://doi.org/10.1002/bit.260180112).
- Gautama, Tjatur Kandaga, Antonius Hendrik, dan Riskadewi Hendaya. 2016. "Pengenalan Objek pada Computer Vision dengan Pencocokan Fitur Menggunakan Algoritma SIFT Studi Kasus: Deteksi Penyakit Kulit Sederhana." *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi* 2(3). doi:[10.28932/jutisi.v2i3.554](https://doi.org/10.28932/jutisi.v2i3.554).
- Guguluş, Dumitriţa Lenuţa, Dan Văţă, Ioana Adriana Popescu, Adriana Ionela Pătraşcu, Ioana Alina Halip, Mădălina Mocanu,

dan Laura Gheucă Solovăstru. 2025. “The Epidemiology of Acne in the Current Era: Trends and Clinical Implications.” *Cosmetics* 12(3): 106. doi:[10.3390/cosmetics12030106](https://doi.org/10.3390/cosmetics12030106).

Kassem, Mohamed A., Khalid M. Hosny, Robertas Damaševičius, dan Mohamed Meselhy Eltoukhy. 2021. “Machine Learning and Deep Learning Methods for Skin Lesion Classification and Diagnosis: A Systematic Review.” *Diagnostics* 11(8): 1390. doi:[10.3390/diagnostics11081390](https://doi.org/10.3390/diagnostics11081390).

Mokoagow, Khoirunnisa A., Marlyn. G. Kapantow, dan Herry E. J. Pandaleke. 2023. “Pengaruh Masker terhadap Akne Vulgaris (Maskne).” *e-CliniC* 12(1): 63–69. doi:[10.35790/ecl.v12i1.45242](https://doi.org/10.35790/ecl.v12i1.45242).

Morshed, A. S. M., Towhida Noor, Md Ashraf Uddin Ahmed, Fahmida Sultana Mili, Shuma Ikram, Mashiqur Rahman, Shamim Ahmed, dan Mohammad Borhan Uddin. 2023. “Understanding the Impact of Acne Vulgaris and Associated Psychological Distress on Self-Esteem and Quality of Life via Regression Modeling with CADI, DLQI, and WHOQoL.” *Scientific Reports* 13(1): 21084. doi:[10.1038/s41598-023-48182-6](https://doi.org/10.1038/s41598-023-48182-6).

Özkesici Kurt, Birgül. 2022. “Comparison of the Psychosocial Impact of Acne in Adolescents and Adults; Body Satisfaction, Self-esteem, and Quality of Life.” *Journal of Cosmetic Dermatology* 21(2): 836–43. doi:[10.1111/jocd.14151](https://doi.org/10.1111/jocd.14151).

Pinasty, Salsabila, dan Raden Bagus Fajriya Hakim. 2025. “Automatic Detection of Acne Types Using the YOLOv5 Method.” *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining* 8(1): 236. doi:[10.24014/ijaidm.v8i1.35617](https://doi.org/10.24014/ijaidm.v8i1.35617).

Rachmah, Aninditha, Elsa Silvia, dan Kiki Dewi Rahayu. 2023. “SURVEI PENGETAHUAN DAN PEMILIHAN PENGOBATAN ACNE VULGARIS PADA PELAJAR.” 8.

Rosiani, Ulla Delfana, Kadek Suarjuna Batubulan, dan Malia Elisiana. 2021. “Identifikasi ‘Acne Vulgaris’ Berdasarkan Fitur Warna Dan Tekstur Menggunakan Klasifikasi JST Backpropagation.” *Jurnal Informatika Polinema* 7(2): 7–12. doi:[10.33795/jip.v7i2.463](https://doi.org/10.33795/jip.v7i2.463).

Sifatullah, Nur. 2021. “Jerawat (Acne vulgaris): Review Penyakit Infeksi Pada Kulit.”

Toy, Jeffrey, Allison Gregory, dan Wingfield Rehmus. 2021. “Barriers to Healthcare Access in Pediatric Dermatology: A

Systematic Review.” *Pediatric Dermatology* 38(S2): 13–19.
doi:[10.1111/pde.14748](https://doi.org/10.1111/pde.14748).

Tuloli, Teti Sutriyati, Andi Nabirah Asriastuti, Derina Dwifri
Ridhani Gubali, Nensy Toban Rombe, Putri Kartika Adhilia
Kahar, dan Sri Noviani Tolulu. 2024. “GAMBARAN
FREKUENSI PENGGUNAAN ANTIMIKROBA ORAL PADA
TATALAKSANA TERAPI PASIEN ACNE VULGARIS DI
RSUD TOTO KABILA GORONTALO.” 19(1).

Vasam, Mallikarjun, Satyanarayana Korutla, dan Raghvendra Ashok
Bohara. 2023. “Acne Vulgaris: A Review of the
Pathophysiology, Treatment, and Recent Nanotechnology Based
Advances.” *Biochemistry and Biophysics Reports* 36: 101578.
doi:[10.1016/j.bbrep.2023.101578](https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2023.101578).

Xu, Jian, Haobo Fu, Siyang Liao, Boyu Xie, Deping Ke, Yuanzhang
Sun, Xiong Li, dan Xiaotao Peng. 2022. “Demand-Side
Management Based on Model Predictive Control in Distribution
Network for Smoothing Distributed Photovoltaic Power
Fluctuations.” *Journal of Modern Power Systems and
Clean Energy* 10(5): 1326–36.
doi:[10.35833/MPCE.2021.000621](https://doi.org/10.35833/MPCE.2021.000621).

