



PROPOSAL DESAIN PROYEK TEKNIK ELEKTRO 2024

**FACE RECOGNITION-BASED PERSONALIZED SELF
ORDERING SYSTEM**

Diusulkan oleh:

Alexander Maximilian	2106635464	Teknik Elektro 2021
Amar Reza Al'as	2106703304	Teknik Elektro 2021
Satwika Bintang Bahana	2106728282	Teknik Elektro 2021
Zidan Fadlurrohman	2106728263	Teknik Elektro 2021

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK 2024**

LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Desain Proyek : Face Recognition-based Personalized Self Ordering System
2. Jenis Dokumen :
3. Nomor Registrasi :
4. Nomor Revisi :
5. Tanggal Publikasi :
6. Tempat Kegiatan :
7. Ketua Pelaksana Kegiatan
 - a. Nama Lengkap : Satwika Bintang Bahana
 - b. NPM : 2106728282
 - c. Jurusan : Teknik Elektro
 - d. Universitas : Universitas Indonesia
 - e. No. Telepon : 082335618121
 - f. Alamat E-mail : bintangsatwika@gmail.com
8. Anggota Pelaksana 1
 - a. Nama Lengkap : Alexander Maximilian
 - b. NPM : 2106635644
 - c. Jurusan : Teknik Elektro
 - d. Universitas : Universitas Indonesia
 - e. No. Telepon : 08977542455
 - f. Alamat E-mail : alexandermaxim8@gmail.com
9. Anggota Pelaksana 2
 - a. Nama Lengkap : Zidan Fadhlurrohman
 - b. NPM : 2106728263
 - c. Jurusan : Teknik Elektro
 - d. Universitas : Universitas Indonesia
 - e. No. Telepon : 081218424228
 - f. Alamat E-mail : fadlurrohman.zidan@gmail.com
10. Anggota Pelaksana 3
 - a. Nama Lengkap : Amar Reza Al'as
 - b. NPM : 2106703304

- c. Jurusan : Teknik Elektro
- d. Universitas : Universitas Indonesia
- e. No. Telepon : 085156685612
- f. Alamat E-mail : amarreza005@gmail.com

11. Dosen Pendamping

- a. Nama Lengkap dan Gelar : Taufiq Alif Kurniawan, M.T., M.Sc.
- b. NIDN :
- c. Alamat Rumah :
- d. No. Telepon :

12. Biaya Kegiatan Proposal

- a. Dana Proposal :
- b. Dana Pribadi :

13. Waktu Pelaksanaan

Depok, 1 Oktober 2024

Menyetujui,

Manajer Kemahasiswaan
Fakultas

Direktur Pembimbing

Ketua Pelaksanaan
Kegiatan

.....

ABSTRAK

Pedagang kantin sering menghadapi kesulitan dalam memberikan layanan cepat dan akurat, terutama saat jam sibuk. Salah satu tantangan utama adalah lupa dengan pesanan pelanggan tetap, yang menyebabkan penurunan kualitas layanan. Untuk mengatasi masalah ini, kami mengajukan sistem order personalisasi menggunakan teknologi face recognition yang diimplementasikan melalui Python dengan bantuan *Library Face Recognition* dan *OpenCV*. Sistem ini memungkinkan deteksi wajah pelanggan tetap untuk memudahkan pemesanan otomatis berdasarkan pesanan favorit mereka. Fitur *liveness detection* ditambahkan untuk memastikan wajah yang terdeteksi adalah wajah asli, bukan gambar atau video. Metode *Histogram Equalization* digunakan untuk meningkatkan kualitas gambar pada kondisi pencahayaan yang kurang baik, sehingga meningkatkan akurasi pengenalan wajah. Solusi ini diharapkan dapat meningkatkan kecepatan layanan, mengurangi kesalahan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan di kantin kampus.

Kata Kunci: *Face Recognition*, Order personalisasi.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
Bab 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Permasalahan Dunia Nyata.....	1
1.2. Profil Pengguna Solusi.....	1
1.3. Kebutuhan Pengguna Solusi	2
1.4. Studi Literatur.....	2
1.5. Rumusan Solusi	3
1.6. Rumusan Permasalahan Solusi.....	4
Bab 2 Studi Literatur dan Alternatif Solusi	6
2.1. Penggunaan Face Recognition Terhadap Privasi Pelanggan.....	6
2.2. Penerapan Algoritma YOLO Python untuk Pengenalan Wajah	6
2.3. Penerapan Library Face Recognition Python untuk Pengenalan Wajah	8
2.4. Optimisasi algoritma <i>Deep Learning</i>	9
2.5. Penerapan Penyimpanan <i>Cloud</i> untuk Sinkronisasi Data	9
Bab 3 STANDARD & REALISTIC CONSTRAINT	10
3.1. Standar Target Solusi	10
3.2. Standar Rumusan Solusi	11
3.3. Rumusan Batasan Teknis	13
3.4. Rumusan Batasan Non Teknis	15
Bab 4 Rumusan Solusi	17
4.1. Diagram Alir.....	17
4.2. Teknik Solusi Sistem	18
4.2.1. Arsitektur Fisik.....	18
4.2.2. <i>Cloud</i> Server.....	20
4.2.3. <i>Machine Learning</i>	20
4.3. Komponen Hardware	22
4.3.1. <i>Raspberry Pi 3B</i>	22
4.3.2. <i>Webcam</i>	22
4.3.3. <i>Personal Computer</i>	22
4.3.4. <i>LCD</i>	23
4.3.5. <i>Dongle WiFi</i>	23

4.3.6. <i>Printed Circuit Board (PCB)</i>	23
4.3.7. <i>Push Button</i>	24
4.4. Rancangan Sistem Hardware	24
4.4.1. <i>Raspberry Pi 3B</i>	24
4.4.2. Modul <i>LCD</i> (Misalnya, LCD 16x2).....	25
4.4.3. <i>Push Button</i>	25
4.4.4. Koneksi dan Integrasi.....	26
Bab 5 KOMPLEKSITAS MASALAH	27
5.1. Kedalaman Pengetahuan Elektro.....	27
5.2. Kedalaman Pengetahuan Lintas Ilmu.....	27
5.3. Pertimbangan Standar	28
5.4. Pertimbangan Batasan	28
5.5. Kedalaman Pemodelan Matematis.....	28
5.1.1. Preprocessing	29
5.1.2. Face Detection.....	29
5.1.3. Face Recognition.....	32
DAFTAR PUSTAKA	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Performa YOLOv8 dibanding versi sebelumnya.....	7
Gambar 4-1. Diagram Alir Sistem	18
Gambar 5-1 Proses Penyusunan Histogram Vektor.....	30
Gambar 5-2 Proses <i>Histogram Oriented Gradients</i>	30
Gambar 5-3 <i>Histogram Oriented Gradients</i>	31
Gambar 5-4 Konvolusi CNN	32
Gambar 5-5 Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i>	32
Gambar 5-6 <i>Euclidian Distance Face Recognition</i>	33

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Permasalahan Dunia Nyata

Pedagangan pada kantin sering kali menghadapi tantangan dalam memberikan layanan yang cepat dan akurat kepada pengguna. Permasalahan ini semakin nyata pada jam-jam sibuk seperti saat istirahat di antara perkuliahan, di mana antrean panjang dan kesalahan pemesanan menjadi masalah umum. Pedagang kantin sering kali lupa dengan pesanan dari pelanggan tetap, sehingga menyebabkan kesalahan dan menurunkan kualitas pengalaman pelanggan.

Untuk menjawab permasalahan ini, teknologi pengenalan wajah (*Face Recognition*) untuk personalisasi pemesanan merupakan solusi yang cocok. Dengan *Face Recognition*, pelanggan tetap dapat dikenali secara otomatis saat melakukan pemesanan sehingga sistem dapat langsung mengetahui makanan favorit mereka. Hal ini tidak hanya mengurangi risiko kesalahan pemesanan, tetapi juga mempercepat proses layanan. Selain itu, pelanggan baru dapat dengan mudah mendaftarkan wajah mereka untuk menggunakan layanan ini di masa mendatang, yang akan meningkatkan efisiensi bagi seluruh pelanggan kantin. Pendekatan ini tidak hanya membantu mengurangi beban kerja pedagang kantin, tetapi juga memberikan pengalaman yang lebih personal dan efisien bagi pelanggan.

1.2. Profil Pengguna Solusi

Pengguna utama dari sistem ini adalah pedagang kantin yang mempunyai pelanggan tetap dan ingin pengalaman pemesanan yang cepat dan personal. Sistem ini memungkinkan mereka untuk memesan makanan favorit mereka tanpa harus melalui proses pemilihan menu berulang kali. Pengalaman yang lebih cepat dan lancar akan meningkatkan kepuasan dan loyalitas mereka.

1.3. Kebutuhan Pengguna Solusi

Pedagang di kantin kampus memiliki beberapa kebutuhan utama. Pertama, mereka memerlukan sistem yang mempercepat proses pemesanan untuk mengenali pelanggan tetap yang ingin memesan makanan favorit mereka tanpa perlu memilih menu secara manual. Pengguna juga menginginkan sistem yang mudah digunakan, baik bagi pelanggan tetap yang dapat dikenali secara otomatis, maupun bagi pelanggan baru yang bisa mendaftar dengan mudah untuk kunjungan selanjutnya. Mengurangi risiko kesalahan pemesanan menjadi salah satu prioritas, khususnya bagi pelanggan yang sering memesan dengan kalimat "saya pesan yang biasanya ya". Face recognition menawarkan kemudahan dengan memungkinkan pelanggan melakukan pemesanan secara otomatis dan lebih personal, di mana preferensi mereka bisa dikenali berdasarkan riwayat pemesanan.

1.4. Studi Literatur

Teknologi pengenalan wajah (Face Recognition System, FRS) adalah sistem canggih yang menggunakan algoritma dan metode pembelajaran mesin untuk mengenali atau mengotentikasi orang berdasarkan karakteristik wajah unik mereka. Teknologi ini bekerja dengan menangkap gambar atau video wajah, mengidentifikasi ciri seperti bentuk hidung, jarak antara mata, dan garis rahang, yang kemudian diubah menjadi representasi digital yang disebut face print.

Teknologi pengenalan wajah semakin diadopsi oleh restoran cepat saji untuk meningkatkan efisiensi dan pengalaman pelanggan. FRS memungkinkan personalisasi layanan dengan mengidentifikasi pelanggan secara otomatis dan memberikan rekomendasi berdasarkan riwayat pesanan, yang membantu mengurangi kesalahan dan mempercepat pemesanan. Selain itu, FRS memfasilitasi otorisasi akun loyalitas dan pembayaran tanpa kontak, memberikan kenyamanan lebih. Namun, adopsi teknologi ini bergantung pada persepsi pelanggan tentang kepercayaan dan keamanan

data mereka, terutama mengingat kekhawatiran mengenai privasi yang sering kali muncul terkait penggunaan teknologi biometrik.

Dalam konteks peraturan di Indonesia, penerapan FRS untuk personalisasi pemesanan harus mematuhi hukum di Indonesia. Pengenalan wajah, hanya dapat dilakukan dengan persetujuan pemilik data dan harus dijamin keamanannya. Penyedia sistem juga wajib melindungi data dari akses yang tidak sah dan menjaga kerahasiaannya sesuai dengan peraturan yang berlaku, guna memastikan bahwa teknologi ini digunakan sesuai dengan hukum .

Dari segi teknis, algoritma YOLO v8 dapat diandalkan untuk mendeteksi wajah secara real-time dengan akurasi tinggi, namun membutuhkan daya komputasi yang signifikan. Pada perangkat seperti Raspberry Pi 3B, penggunaan YOLO bisa menimbulkan keterbatasan kinerja, terutama saat harus memproses banyak wajah sekaligus. Selain itu, YOLO berfokus pada deteksi, bukan pengenalan wajah, sehingga memerlukan transfer learning untuk pengenalan yang lebih baik. Sebagai alternatif, library Face Recognition Python menawarkan solusi yang lebih ringan dan mudah diimplementasikan pada Raspberry Pi 3B, dengan akurasi yang cukup tinggi meskipun menggunakan dataset kecil. Untuk mengatasi keterbatasan daya komputasi, Firebase dapat digunakan sebagai solusi untuk komunikasi nirkabel antara Raspberry Pi dan server cloud, sehingga beban komputasi dapat dialihkan ke server yang lebih kuat, memastikan skalabilitas dan efisiensi sistem.

1.5. Rumusan Solusi

Pada proyek ini, kami menggunakan webcam yang terhubung dengan *Mini-PC* berupa *Raspberry Pi 3B* untuk mengenali wajah pelanggan. Untuk implementasi pengenalan wajah, kami memilih Python sebagai bahasa pemrograman, dengan dua library utama, yaitu *OpenCV* dan *Face Recognition*. Alasan kami memilih kedua library ini adalah karena *OpenCV*

memiliki kapabilitas yang luas dalam pemrosesan video dan gambar secara real-time, sementara *Face Recognition* menawarkan kemudahan dalam implementasi pengenalan wajah dengan akurasi tinggi serta integrasi yang seamless dengan *OpenCV*. Solusi ini dirancang untuk mengatasi tantangan dalam meningkatkan efisiensi dan keakuratan personalisasi pesanan pelanggan di kantin.

Kami juga akan menerapkan algoritma deteksi liveness untuk membantu sistem membedakan antara wajah asli dan gambar statis, sehingga memperkecil kemungkinan serangan *spoofing*. Jika Raspberry Pi 3B tidak mampu menangani beban komputasi yang berat, kami akan mempertimbangkan solusi *hybrid* dengan memindahkan sebagian pemrosesan ke server berbasis *cloud*. Solusi ini diharapkan dapat meningkatkan performa dalam mendeteksi wajah, bahkan jika jumlah pelanggan meningkat atau data wajah yang dilatih bertambah.

1.6. Rumusan Permasalahan Solusi

Dalam implementasi solusi face recognition untuk personalisasi pemesanan, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan.

1. sistem pengenalan wajah hanya akan berfungsi jika pelanggan menyetujui wajah mereka untuk difoto dan disimpan dalam sistem. Tanpa persetujuan ini, teknologi tidak dapat digunakan untuk pelanggan tersebut sesuai peraturan undang-undang yang berlaku terkait privasi data pribadi.
2. Karena keterbatasan anggaran, webcam yang digunakan tidak dilengkapi dengan sensor infrared, sehingga kinerja sistem akan menurun dalam kondisi pencahayaan rendah. Selain itu, tanpa sensor infrared, webcam akan kesulitan mendeteksi kedalaman wajah (*TrueDepth*), yang membuat sistem lebih rentan dalam membedakan antara wajah asli dan gambar statis, sehingga potensi kesalahan identifikasi meningkat.

3. Penggunaan Raspberry Pi 3B sebagai sistem untuk mendeteksi wajah akan mengalami waktu komputasi yang berat seiring bertambahnya jumlah data wajah yang dilatih. Maka dari itu, waktu respons sistem mungkin lebih lambat dalam situasi dengan banyak pelanggan atau saat memproses data dalam waktu nyata.
4. Personalisasi pemesanan dibatasi hanya pada pilihan menu yang tersedia di sistem. Pelanggan tidak dapat melakukan pemesanan yang tidak tercantum dalam menu.
5. sistem pengenalan wajah mungkin akan mengalami tantangan dalam hal keakuratan deteksi pada pelanggan yang menggunakan aksesoris seperti topi, masker, atau kacamata, yang dapat mempengaruhi kualitas hasil klasifikasi.
6. Sistem ini juga bergantung pada koneksi internet untuk mengirimkan data deteksi wajah ke server cloud serta mengetahui pesanan pelanggan secara otomatis. Koneksi yang tidak stabil di beberapa area kampus dapat menghambat pengiriman data secara cepat, yang berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam proses pengenalan wajah dan pengambilan pesanan. Jika terjadi gangguan pada koneksi internet, sistem mungkin mengalami penurunan kinerja atau bahkan gagal berfungsi secara optimal,

BAB 2

STUDI LITERATUR DAN ALTERNATIF SOLUSI

2.1. Penggunaan Face Recognition Terhadap Privasi Pelanggan.

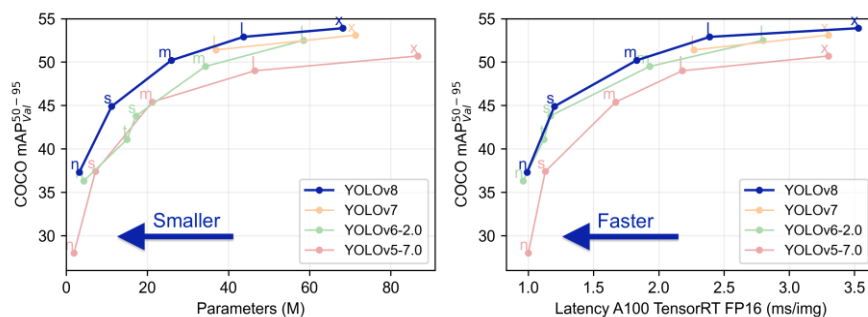
Penerapan teknologi pengenalan wajah (Face Recognition System, FRS) untuk personalisasi pemesanan di kantin memiliki banyak potensi dalam meningkatkan efisiensi layanan. Namun, di balik efisiensi ini, terdapat tantangan privasi yang perlu dipertimbangkan. Berdasarkan Undang-Undang No. 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP), pengumpulan dan penyimpanan data biometrik seperti wajah hanya boleh dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pelanggan [3]. Dalam konteks ini, sistem pengenalan wajah harus dirancang untuk menjaga kerahasiaan data pelanggan, baik melalui enkripsi yang kuat maupun dengan mekanisme manajemen data yang transparan. Perlindungan privasi yang ketat akan meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap teknologi yang digunakan di kantin, sehingga penerapan FRS dapat diterima dengan lebih baik. Selain itu, Peraturan Pemerintah No. 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik (PP PSTE) menegaskan kewajiban penyelenggara sistem elektronik untuk melindungi data pribadi dari akses yang tidak sah dan melakukan audit keamanan secara berkala [4]. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 20 Tahun 2016 juga menegaskan bahwa data pribadi, termasuk data biometrik, hanya boleh diproses dengan izin pemiliknya, dan harus dijamin kerahasiaannya [5]. Oleh karena itu, adopsi FRS untuk order personalisasi harus mempertimbangkan regulasi ini untuk memastikan bahwa keamanan data pelanggan terjaga dan penggunaan teknologi ini sesuai dengan hukum yang berlaku.

2.2. Penerapan Algoritma YOLO Python untuk Pengenalan Wajah

Pengenalan wajah melibatkan dua tugas utama, yakni deteksi wajah dan verifikasi wajah. Deteksi wajah adalah langkah awal dalam mengenali

dan menentukan lokasi wajah dalam gambar atau video. Metode You Only Look Once (YOLO), yang terkenal dalam deteksi objek, sering digunakan untuk deteksi wajah karena efisiensinya. Verifikasi wajah kemudian dilakukan untuk mencocokkan wajah yang terdeteksi dengan identitas yang ada, memastikan keakuratan sistem pengenalan wajah [6].

Algoritma YOLO adalah salah satu model deteksi objek berbasis deep learning yang kompleks. Algoritma ini telah diterapkan secara luas dalam pemrosesan citra dan video untuk mendeteksi objek, termasuk wajah. YOLO bekerja dengan membagi gambar menjadi grid dan kemudian mengidentifikasi kotak pembatas serta prediksi probabilitas kelas untuk setiap kotak. Dalam pengenalan wajah, YOLO dapat digunakan untuk mendeteksi wajah dalam gambar atau video secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi.



Gambar 2-1 Performa YOLOv8 dibanding versi sebelumnya

Berdasarkan [1], YOLOv8 menawarkan beberapa keunggulan teknis yang signifikan. Salah satunya adalah kemampuan deteksi multi-skala yang ditingkatkan melalui integrasi *Feature Pyramid Network (FPN)* dan *Path Aggregation Network (PAN)*, yang memungkinkan deteksi objek pada berbagai ukuran dan jarak dengan lebih akurat.

Selain itu, YOLOv8 juga mengimplementasikan mekanisme self-attention, yang membantu model lebih fokus pada bagian gambar yang penting. Berdasarkan hasil yang disajikan, YOLOv8 terbukti menjadi

arsitektur paling akurat dan tercepat di antara empat arsitektur yang dievaluasi, dengan mencapai mAP50 sebesar 0.62 pada set uji [2].

Namun, YOLO tetap membutuhkan daya komputasi yang cukup tinggi. Pada Raspberry Pi 3B, penggunaan YOLO dapat menyebabkan penurunan kinerja, terutama saat harus memproses beban yang lebih berat atau mendeteksi banyak wajah secara bersamaan. Selain itu, YOLO lebih berfokus pada mendeteksi objek, tidak secara langsung menyediakan kemampuan pengenalan wajah (*face recognition*) [6]. Jika ingin menggunakan YOLO untuk pengenalan wajah, diperlukan *transfer learning* dari model YOLO yang telah dilatih sebelumnya.

2.3. Penerapan Library Face Recognition Python untuk Pengenalan Wajah

Library Face Recognition berbasis Python adalah salah satu solusi paling sederhana dan efisien untuk implementasi pengenalan wajah. Fungsi-fungsi untuk mendeteksi dan mengenali wajah sudah tersedia secara *built-in* serta mendukung pengenalan beberapa wajah dalam satu gambar atau video. Kelebihan utama dari library ini adalah kemudahannya dalam implementasi dan integrasi dengan OpenCV [8], menjadikannya pilihan yang ideal untuk sistem berbasis Python pada platform dengan sumber daya terbatas seperti Raspberry Pi 3B. Selain itu, Library ini dikenal karena keakuratannya dalam mengenali wajah, bahkan dengan dataset wajah yang relatif kecil sehingga berguna untuk personalisasi pesanan pelanggan di kantin.

Pada [7] menekankan pentingnya pemilihan metode pengenalan wajah yang tepat untuk kasus penggunaan spesifik. OpenCV, dalam kombinasi dengan pustaka Face Recognition Python, memanfaatkan fitur-fitur seperti deteksi sudut wajah dan kemampuan menangani pencahayaan yang bervariasi. Fitur lain yang penting adalah kemampuan pustaka ini untuk mengenali wajah dalam kondisi dinamis, seperti pergerakan wajah atau ekspresi yang berubah. Penggunaan OpenCV juga memungkinkan

pemrosesan real-time, menjadikannya solusi yang praktis dan cepat dalam berbagai aplikasi.

2.4. Optimisasi algoritma *Deep Learning*

Raspberry Pi 3B digunakan sebagai Mini-PC untuk mengelola sistem pengenalan wajah di kantin. Dengan keterbatasan daya komputasi, Raspberry Pi 3B tetap mampu menjalankan pemrosesan dasar untuk pengenalan wajah dengan menggunakan webcam standar. Meskipun demikian, karena tidak adanya sensor infrared pada webcam, performa deteksi wajah dalam kondisi pencahayaan rendah mungkin menurun. Untuk mengatasi keterbatasan ini, dapat diterapkan algoritma peningkatan pencahayaan berbasis perangkat lunak, seperti Histogram Equalization [9]. Selain itu, Kami akan mengembangkan *liveness detection* untuk meningkatkan akurasi mendeteksi kedalaman wajah agar dapat membedakan wajah asli dan wajah pada foto [10].

2.5. Penerapan Penyimpanan *Cloud* untuk Sinkronisasi Data

Dalam sistem pengenalan wajah untuk personalisasi pemesanan, penggunaan *cloud storage* menjadi solusi utama untuk sinkronisasi dan penyimpanan data antara perangkat lokal seperti Raspberry Pi 3B dan server komputer. *Cloud storage* memungkinkan pengelolaan data wajah pelanggan yang telah diidentifikasi untuk mengurangi beban komputasi pada perangkat Raspberry Pi. Firebase, sebagai salah satu contoh *platform cloud storage*, mendukung komunikasi cepat dan memastikan bahwa data disimpan lebih aman dan cepat di server [11], sehingga sistem dapat tetap efisien dan skalabel untuk menangani lebih banyak pelanggan.

BAB 3

STANDARD & REALISTIC CONSTRAINT

3.1. Standar Target Solusi

Solusi yang akan dikembangkan akan mempertimbangkan berbagai standar keteknikan untuk memastikan sistem yang dibangun memiliki kualitas, keandalan, dan efisiensi yang optimal. Standar ini akan dijadikan acuan dalam mendesain antarmuka yang ramah pengguna, mendukung kemudahan akses, serta memastikan performa sistem yang stabil dan responsif. Selain itu, solusi ini juga dirancang untuk mampu beradaptasi dengan berbagai kebutuhan pengguna dan lingkungan operasional, sehingga dapat memberikan pengalaman yang nyaman dan efisien dalam jangka panjang. Standard yang akan digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut:

1. ISO 9241 (Ergonomics of Human-System Interaction)

ISO 9241 adalah standar internasional yang berfokus pada ergonomi interaksi manusia dengan sistem. Standar ini mencakup berbagai aspek desain sistem, khususnya terkait antarmuka pengguna (user interface) dan pengalaman pengguna (user experience), untuk memastikan bahwa interaksi antara manusia dan teknologi berlangsung secara efektif, efisien, dan nyaman. Secara umum, ISO 9241 mencakup panduan dan spesifikasi teknis untuk aspek-aspek seperti desain antarmuka pengguna, navigasi dan struktur sistem, faktor ergonomi fisik, faktor kognitif, dan aksesibilitas. Tujuan dari ISO 9241 adalah untuk meningkatkan kenyamanan, produktivitas, dan kepuasan pengguna ketika berinteraksi dengan sistem teknologi, baik itu perangkat keras maupun perangkat lunak..

2. NIST Face Recognition Vendor Test (FRVT)

Program evaluasi yang dijalankan oleh National Institute of Standards and Technology (NIST) untuk menguji algoritma pengenalan wajah yang dikembangkan oleh berbagai vendor. Program ini menguji berbagai aspek, termasuk akurasi algoritma, kecepatan pengenalan, serta ketahanannya terhadap variasi kondisi seperti pencahayaan, pose wajah, dan ekspresi. Dalam pengujian ini, algoritma dievaluasi menggunakan database wajah yang beragam untuk memastikan hasil yang obyektif dan dapat diandalkan. Hasil dari FRVT sering digunakan pengguna teknologi untuk mengevaluasi dan memilih solusi pengenalan wajah yang paling sesuai dengan kebutuhan.

3. ISO/IEC 25010 (System and Software Quality Requirements and Evaluation)

ISO/IEC 25010 menetapkan delapan atribut kualitatif untuk menilai kualitas perangkat lunak dan sistem, seperti keamanan, keandalan, kegunaan, dan efisiensi kinerja. Standar ini memastikan bahwa sistem memiliki perlindungan data penting, mampu beroperasi secara stabil, dan mudah digunakan dengan antarmuka yang intuitif. Efisiensi kinerja diukur dari seberapa cepat sistem memproses data dan bagaimana sumber daya seperti CPU dan memori digunakan secara optimal. Kompatibilitas memungkinkan sistem berfungsi di berbagai platform, sementara portabilitas memastikan sistem bisa dipindahkan atau diadaptasi tanpa banyak perubahan. Selain itu, standar ini juga menggarisbawahi pentingnya kemudahan pemeliharaan dengan program yang modular, serta kemampuan sistem untuk berintegrasi ke lingkungan baru tanpa gangguan signifikan.

3.2. Standar Rumusan Solusi

Pengembangan solusi memerlukan standar panduan komprehensif dari perencanaan hingga pemeliharaan, mencakup integrasi perangkat keras

dan perangkat lunak. Berikut ini adalah beberapa standar sebagai acuan yang digunakan untuk mendukung pengembangan solusi:

1. ISO/IEC 15288 (Systems Engineering – System Life Cycle Processes)

ISO/IEC 15288 mengatur siklus hidup pengembangan sistem secara komprehensif, mulai dari perencanaan, analisis kebutuhan, desain arsitektur, verifikasi, hingga pemeliharaan. Pada tahap perencanaan, standar ini membantu mengidentifikasi tujuan proyek dan merencanakan sumber daya, sementara dalam analisis kebutuhan. Selama desain arsitektur, sistem dirancang untuk mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak secara optimal, memperhitungkan kompatibilitas dan operasional. Standar ini juga menekankan pentingnya verifikasi untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi sesuai spesifikasi sebelum diimplementasikan. Setelah implementasi, pemeliharaan sistem secara berkelanjutan menjadi bagian penting untuk memastikan kinerja sistem tetap optimal dan mudah disesuaikan dengan kebutuhan yang berubah.

2. ISO/IEC 25012 (Data Quality Model)

ISO/IEC 25012 memastikan bahwa data yang digunakan memenuhi karakteristik penting seperti akurasi, kelengkapan, konsistensi, dan relevansi. Standar ini sangat penting untuk solusi berbasis data, seperti self-order service atau sistem pengenalan wajah, di mana data yang digunakan seperti data pelanggan atau pemesanan harus memiliki kualitas tinggi agar dapat diandalkan. ISO/IEC 25012 mengharuskan adanya proses validasi data yang cermat serta pemeliharaan berkelanjutan untuk mencegah kesalahan atau inkonsistensi yang dapat mempengaruhi keakuratan analisis atau hasil operasional.

3. ISO/IEC 61508 (Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems)

ISO/IEC 61508 mengatur keselamatan terkait fungsional sistem yang menggunakan perangkat elektronik dan perangkat lunak yang dapat diprogram. Standar ini memberikan panduan teknis untuk memastikan bahwa seluruh komponen, termasuk Raspberry Pi sebagai pusat kontrol, push button sebagai input fisik, dan LCD sebagai antarmuka tampilan, berfungsi secara andal. Dalam sistem ini, komponen input seperti Push Button, kamera, dan lain-lan harus diuji untuk memberikan respons yang akurat dan sesuai spesifikasi, sementara antarmuka LCD perlu menampilkan informasi yang benar tanpa kesalahan.

3.3. Rumusan Batasan Teknis

Dengan adanya limitasi waktu, *feasibility*, dan anggaran yang dimiliki tentunya diperlukan penyesuaian lebih lanjut pada lingkup batasan dari target solusi yang mungkin dikembangkan. Batasan-batasan teknis yang dipertimbangkan meliputi:

1. Antarmuka:

Dengan mempertimbangkan calon sektor calon user dari solusi yang dikembangkan, penetapan prioritas fungsionalitas lebih dikedepankan disamping estetika secara mendetail. Pemanfaatan LCD dan Push Button tentunya akan mengurangi kompleksitas grafis serta aksesibilitas. Namun, dengan solusi diajukan serta penyusunan menu/navigasi pada perangkat lunak yang terstruktur dinilai sudah cukup mengkompensasi kebutuhan dan meningkatkan efisiensi antar muka pelanggan dalam melakukan *self-ordering* dibandingkan secara konvensional.

2. Konektivitas:

Ketergantungan pada koneksi internet yang stabil dan berkecepatan tinggi juga dapat menjadi salah satu batasan. Di lokasi dengan infrastruktur jaringan yang buruk atau koneksi yang tidak stabil, sistem mungkin mengalami penurunan performa atau bahkan kegagalan dalam mengirim atau menerima data. Maka dari itu, penerapan solusi hanya akan diimplementasikan di lokasi dengan ketersediaan jaringan yang baik dengan pemetaan sebelumnya.

3. Skalabilitas:

Pengembangan solusi dan target pasar yang terlebih dahulu difokuskan *ter-dedicated* untuk UMKM seperti kantin dan kios makanan, sistem masih belum diperlukan peningkatan skalabilitas secara signifikan. Arsitektur sistem belum dirancang untuk menangani pertumbuhan pesat jumlah pengguna atau pesanan dengan lonjakan secara tiba-tiba dalam waktu yang bersamaan.

4. Kustomisasi Fitur:

Dengan prioritas fungsionalitas, dimana tujuan awal dari solusi ini, yaitu meningkatkan efisiensi pemesanan pengguna, sehingga belum ada dukungan pada kustomisasi yang diberikan pada pengguna.

5. Transaksi:

Proses integrasi dengan API pembayaran pihak ketiga seperti Midtrans atau gateway lainnya bisa memakan waktu, terutama jika ada beberapa metode pembayaran yang ingin didukung (misalnya, kartu kredit, transfer bank, e-wallet). Setiap metode pembayaran juga membutuhkan pengujian dan konfigurasi yang spesifik, untuk memastikan transaksi berjalan dengan benar. Selain itu integrasi pembayaran memerlukan penanganan data sensitif.

3.4. Rumusan Batasan Non Teknis

Dalam perancangan dan pengembangan sistem self-ordering berbasis pengenalan wajah, terdapat berbagai pertimbangan non teknis yang juga perlu diperhatikan, sesuai dengan kebutuhan pengguna dan lingkungan tempat sistem tersebut diimplementasikan:

1. Ekonomi:

Biaya proyek ini perlu dijaga dalam batas yang realistis, terutama untuk proyek dengan anggaran terbatas. Anggaran Rp2.000.000,- dan Rp1.000.000,- per komponen dapat mencakup biaya perangkat keras seperti Raspberry Pi, LCD, dan komponen lainnya, serta biaya untuk pengembangan perangkat lunak dan instalasi dasar. Selain itu, komponen yang digunakan harus mudah diakses di pasar Indonesia guna mengurangi biaya pengiriman, sehingga dapat menekan pengeluaran secara keseluruhan.

2. Waktu:

Pengembangan sistem dibatasi dalam jangka waktu kurang lebih 2 bulan, mulai dari riset, pelatihan, integrasi, pengujian, dan simulasi yang memaksa tim untuk fokus pada fitur utama dan meninggalkan fitur tambahan, seperti seperti kustomisasi mendalam yang lebih *personalized*.

3. Prioritas Bisnis:

Fokus pada fungsionalitas utama yaitu sistem *self-ordering* dan *face-recognition based preference*. Faktor-faktor seperti keterbatasan waktu dan biaya, sehingga fitur yang dianggap kurang esensial pada tahap awal pengembangan, seperti dukungan pembayaran lengkap atau pengelolaan pesanan secara real-time belum didukung.

4. Politik:

Sistem yang dikembangkan dalam capstone project harus bebas dari kepentingan individu, mengingat proyek ini merupakan bagian dari pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi.

5. Etika:

Sistem face recognition yang mengumpulkan data pengguna, seperti data biometrik wajah, preferensi makanan, harus memperhatikan privasi dan persetujuan pengguna, dan tidak disebarluaskan tanpa adanya persetujuan.

6. Sosial:

Pengguna dari berbagai kalangan harus mampu menggunakan sistem ini tanpa kesulitan. Antarmuka yang sederhana, dengan instruksi yang jelas dan mudah dipahami, akan membantu pelanggan yang tidak terlalu terbiasa dengan teknologi modern untuk tetap dapat menggunakan sistem ini dengan lancar.

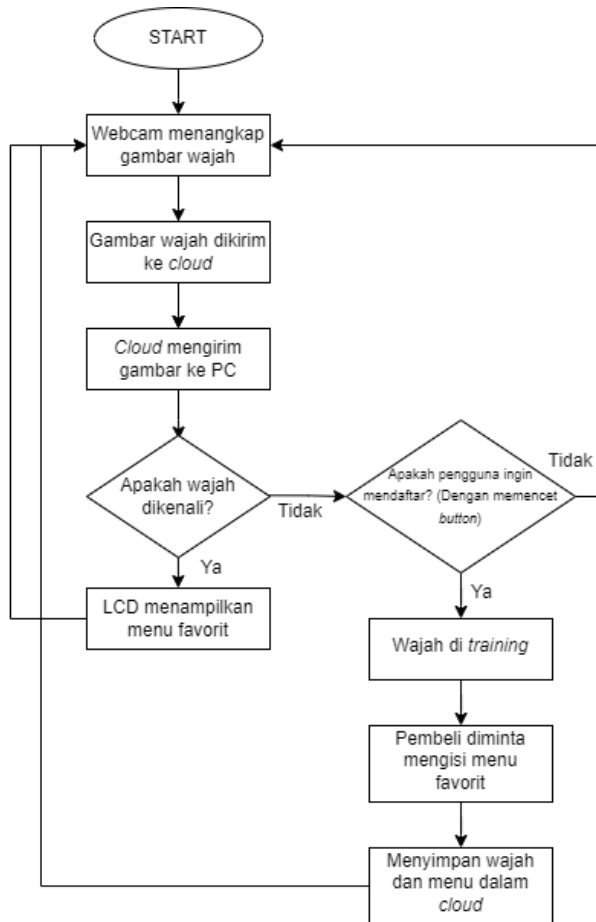
BAB 4

RUMUSAN SOLUSI

Perancangan sistem pengenalan wajah bertujuan menciptakan alat yang secara otomatis mengenali pengguna dan menampilkan menu favorit mereka, menggunakan Raspberry Pi dan *webcam* untuk meningkatkan pengalaman pengguna dengan layanan yang lebih personal dan efisien. Dalam bab ini, dijelaskan langkah-langkah perancangan sistem, mulai dari analisis kebutuhan dan pemilihan komponen utama seperti kamera, mini PC, dan modul komunikasi, hingga algoritma untuk pengenalan wajah dan pemrosesan gambar. Fokus utama adalah memastikan sistem mengenali wajah pengguna dengan akurasi tinggi dan respons cepat, serta menampilkan menu yang sesuai di layar LCD. Sistem ini juga dilengkapi dengan antarmuka pengguna yang ramah, memudahkan pengguna dalam melakukan pemesanan dan berinteraksi dengan menu. Dengan menggunakan jaringan WiFi untuk menghubungkan Raspberry Pi dengan *server* melalui *cloud*, diharapkan sistem pengenalan wajah dapat beroperasi secara optimal dan memberikan pengalaman yang lebih baik dalam proses pemesanan.

4.1. Diagram Alir

Diagram alir ini menunjukkan proses pengenalan wajah dalam sistem pemesanan. Proses dimulai dengan *webcam* yang menangkap gambar wajah pembeli dan mengirimkannya ke *cloud*, yang kemudian diteruskan ke *server* PC untuk analisis. Jika wajah dikenali, menu favorit akan ditampilkan di LCD. Jika tidak, sistem akan menanyakan apakah pembeli ingin mendaftar. Jika setuju, wajah dan menu favoritnya akan dilatih dan disimpan di *cloud*, menyelesaikan proses. Diagram ini mencakup semua langkah interaksi antara pembeli dan sistem pengenalan wajah. Berikut merupakan diagramnya.



Gambar 4-1. Diagram Alir Sistem

4.2. Teknik Solusi Sistem

4.2.1. Arsitektur Fisik

Arsitektur fisik sistem pengenalan wajah untuk personalisasi pesanan dirancang untuk menciptakan interaksi yang efisien dan responsif antara pengguna dan sistem. Dalam struktur ini, beberapa komponen utama saling terhubung untuk mendukung fungsionalitas sistem. Berikut komponennya:

1. Penempatan *Web Camera*: *Webcam* diletakkan di lokasi strategis di depan pedagang untuk menangkap gambar wajah pembeli secara langsung saat mereka tiba. Penempatan yang tepat memastikan bahwa kamera dapat menangkap gambar dengan jelas tanpa gangguan, sehingga meningkatkan akurasi

pengenalan wajah. Pencahayaan yang baik juga perlu diperhatikan agar gambar yang diambil memiliki kualitas yang optimal.

2. Raspberry Pi 3B: Raspberry Pi berfungsi sebagai otak dari sistem. Dengan kemampuan pemrosesan yang cukup, Raspberry Pi menerima gambar dari webcam, melakukan pengolahan awal, dan mengirimkan gambar tersebut ke *cloud server* untuk analisis lebih lanjut. Raspberry Pi juga mengendalikan tampilan menu di LCD berdasarkan hasil pengenalan wajah, sehingga berperan penting dalam memberikan respons cepat kepada pengguna.
3. *Power Supply*: Sumber daya yang stabil dan memadai diperlukan untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik. *Power supply* harus mampu memberikan tegangan dan arus yang cukup untuk Raspberry Pi, *webcam*, dan perangkat lainnya, sehingga sistem tetap operasional tanpa gangguan akibat kekurangan daya.
4. LCD: LCD digunakan untuk menampilkan menu favorit kepada pembeli setelah wajah mereka dikenali. Komponen ini memberikan antarmuka visual yang intuitif, sehingga pengguna dapat dengan mudah melihat pilihan menu yang tersedia. LCD juga berfungsi untuk menampilkan pesan atau instruksi tambahan kepada pembeli, meningkatkan interaksi antara pengguna dan sistem.
5. *Personal Computer*: PC berfungsi sebagai server yang menerima gambar dari Raspberry Pi melalui *cloud*. Di sini, proses *machine learning* dilakukan untuk pengenalan wajah. PC akan menjalankan algoritma pembelajaran yang dilatih sebelumnya untuk menentukan apakah wajah pembeli dikenali. Dengan kapasitas pemrosesan yang lebih tinggi dibandingkan Raspberry Pi, PC dapat menjalankan model *machine learning* yang kompleks, mengakses database pengguna dan menu favorit,

serta melakukan analisis yang diperlukan untuk meningkatkan akurasi sistem.

4.2.2. *Cloud Server*

Cloud server menggunakan Firebase dalam perancangan sistem ini berfungsi sebagai platform penyimpanan data pengguna. Firebase menyediakan *real-time database* yang memungkinkan sistem untuk menyimpan informasi wajah dan menu favorit dengan cepat dan aman. Meskipun tidak melakukan pemrosesan, Firebase memastikan bahwa data pengguna terlindungi dan dapat diakses dengan efisien saat diperlukan, mendukung pengalaman personalisasi bagi pembeli.

4.2.3. *Machine Learning*

Machine learning dalam pengenalan wajah menggunakan OpenCV melibatkan dua langkah utama, yaitu proses pelatihan (*training*) dan proses pengenalan (*recognition*). Berikut adalah penjelasan untuk masing-masing langkah:

1. Proses Pelatihan (*Training*)

Pada tahap ini, sistem mengumpulkan dataset gambar wajah dari berbagai individu. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain:

- **Pengumpulan Data:** Mengumpulkan beberapa gambar dari setiap individu dalam berbagai kondisi pencahayaan dan ekspresi wajah untuk meningkatkan akurasi.
- **Preprocessing:** Gambar yang diambil kemudian diproses untuk mengubah ukuran, menghapus noise, dan mengubah ke dalam format yang sesuai. Hal ini biasanya melibatkan konversi gambar ke grayscale dan normalisasi ukuran gambar.

- Deteksi Wajah: Menggunakan algoritma seperti Haar Cascade untuk mendeteksi wajah dalam gambar. Wajah yang terdeteksi kemudian akan digunakan untuk pelatihan.
- Membangun Model: Menggunakan metode seperti Eigenfaces, Fisherfaces, atau Local Binary Patterns Histograms (LBPH) untuk membangun model pengenalan wajah. OpenCV menyediakan fungsi yang memudahkan dalam melakukan pelatihan dengan algoritma ini.
- Penyimpanan Model: Setelah model dilatih, model tersebut disimpan untuk digunakan nanti dalam proses pengenalan wajah.

2. Proses Pengenalan (*Recognition*)

Setelah model dilatih, langkah berikutnya adalah mengenali wajah dari gambar baru:

- Menangkap Gambar: Ketika gambar wajah baru diambil, langkah awal adalah mendeteksi wajah menggunakan metode yang sama yang digunakan saat pelatihan.
- *Preprocessing* Gambar: Sama seperti pada tahap pelatihan, gambar baru juga diproses untuk memastikan konsistensi.
- Prediksi: Menggunakan model yang telah dilatih, sistem akan membandingkan wajah yang terdeteksi dengan wajah yang ada dalam database. Algoritma yang digunakan dalam OpenCV akan menghasilkan label atau ID yang sesuai dengan wajah yang dikenali.
- Menampilkan Hasil: Jika wajah dikenali, sistem akan mengakses informasi terkait (misalnya, menu favorit) dari database dan menampilkannya di LCD. Jika tidak dikenali, sistem dapat meminta pengguna untuk mendaftar.

Dengan menggunakan OpenCV untuk machine learning dalam pengenalan wajah, sistem ini dapat melakukan deteksi dan pengenalan wajah secara efisien, memberikan pengalaman personalisasi yang lebih baik bagi pengguna.

4.3. Komponen Hardware

Dalam perancangan sistem pengenalan wajah untuk personalisasi pesanan, berbagai komponen hardware saling berfungsi untuk menciptakan interaksi yang efisien dan responsif antara pengguna dan sistem. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing komponen hardware yang mendukung fungsionalitas sistem ini.

4.3.1. *Raspberry Pi 3B*

Raspberry Pi 3B adalah sebuah mikrokontroler mini yang berfungsi sebagai otak dari sistem. Dengan kapasitas pemrosesan yang cukup, Raspberry Pi mampu menangani pengolahan awal gambar dari webcam, mengirimkan gambar ke cloud server, dan mengontrol komponen lainnya dalam sistem. Raspberry Pi juga dapat diprogram menggunakan Python dan memiliki dukungan untuk berbagai pustaka, termasuk OpenCV untuk pengolahan citra.

4.3.2. *Webcam*

Webcam digunakan untuk menangkap gambar wajah pembeli secara langsung saat mereka berada di depan pedagang. Kualitas gambar yang dihasilkan webcam sangat penting untuk akurasi pengenalan wajah. Webcam harus ditempatkan dengan baik untuk memastikan bahwa gambar yang diambil cukup jelas dan dapat diandalkan untuk proses pengenalan.

4.3.3. *Personal Computer*

PC berfungsi sebagai *server* yang menerima gambar dari Raspberry Pi melalui *cloud*. Di sini, proses *machine learning*

dilakukan untuk mengenali wajah. PC memiliki kapasitas pemrosesan yang lebih tinggi dibandingkan Raspberry Pi, memungkinkan penggunaan algoritma pengenalan wajah yang kompleks dan pengelolaan database pengguna serta menu favorit.

4.3.4. LCD

LCD digunakan untuk menampilkan menu favorit kepada pembeli setelah wajah mereka dikenali. Komponen ini memberikan antarmuka visual yang intuitif, sehingga pengguna dapat dengan mudah melihat pilihan menu yang tersedia. LCD juga dapat digunakan untuk menampilkan pesan atau instruksi tambahan kepada pengguna, meningkatkan interaksi dengan sistem.

4.3.5. Dongle WiFi

Dongle WiFi berfungsi sebagai penghubung untuk memberikan konektivitas internet pada Raspberry Pi. Dengan adanya dongle ini, Raspberry Pi dapat terhubung ke jaringan WiFi, memungkinkan pengiriman data gambar ke *cloud* dan akses ke *database* pengguna secara *real-time*. Konektivitas yang baik sangat penting untuk kelancaran komunikasi antara Raspberry Pi dan *server*.

4.3.6. Printed Circuit Board (PCB)

PCB digunakan untuk menyusun dan menghubungkan komponen elektronik dalam sistem. Dalam rancangan ini, PCB dapat digunakan untuk menampung konektor, push *button*, dan rangkaian lain yang diperlukan agar semua komponen dapat terhubung dengan baik. PCB membantu mengorganisir dan mengurangi kekacauan kabel, serta meningkatkan stabilitas sistem.

4.3.7. *Push Button*

Push button digunakan sebagai alat input untuk memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem. Dalam rancangan ini, *push button* dapat digunakan untuk memberikan opsi kepada pembeli, seperti memilih menu favorit atau mengonfirmasi pendaftaran wajah baru. *Push button* merupakan komponen sederhana yang memberikan cara mudah bagi pengguna untuk berpartisipasi dalam proses pemesanan.

4.4. Rancangan Sistem Hardware

Rancangan sistem *hardware* pada Raspberry Pi 3B yang melibatkan modul LCD dan *push button* dirancang untuk menciptakan antarmuka interaktif dalam sistem pengenalan wajah untuk personalisasi pesanan. Berikut adalah penjelasan detail mengenai komponen dan *port* penghubungnya:

4.4.1. *Raspberry Pi 3B*

Raspberry Pi 3B merupakan *mini PC* yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan dalam sistem ini. Raspberry Pi memiliki beberapa pin GPIO (*General Purpose Input/Output*) yang digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen, yaitu:

- *GPIO Pins*: Raspberry Pi 3B memiliki 26 pin GPIO yang dapat dikonfigurasi sebagai *input* atau *output*. Pin ini digunakan untuk berkomunikasi dengan modul LCD dan *push button*.
- *Power Pins*: Raspberry Pi juga menyediakan pin untuk daya, termasuk 5V dan 3.3V, yang digunakan untuk memberi daya pada LCD dan *push button*.

4.4.2. Modul *LCD* (Misalnya, *LCD 16x2*)

Modul *LCD* digunakan untuk menampilkan informasi kepada pengguna, seperti menu favorit. *LCD* ini terhubung ke Raspberry Pi melalui pin *GPIO*. Berikut merupakan *port* penghubungnya:

- Pin Data: Pada *LCD 16x2*, biasanya ada 4 atau 8 pin data yang digunakan untuk mengirim informasi dari Raspberry Pi ke *LCD*. Jika menggunakan *4-bit mode*, 4 pin data (D4, D5, D6, D7) akan terhubung ke pin *GPIO* Raspberry Pi.
- Pin Kontrol: *LCD* juga memiliki beberapa pin kontrol, termasuk:
 - RS (*Register Select*): Digunakan untuk memilih apakah data yang dikirim adalah perintah atau data karakter.
 - RW (*Read/Write*): Digunakan untuk menentukan arah komunikasi (membaca atau menulis).
 - E (*Enable*): Digunakan untuk mengaktifkan operasi penulisan atau pembacaan pada *LCD*.

Pin kontrol ini dapat dihubungkan ke pin *GPIO* Raspberry Pi untuk mengontrol fungsi *LCD*.

4.4.3. Push Button

Push button berfungsi sebagai input untuk memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem. Push button terhubung ke Raspberry Pi untuk mendeteksi ketika tombol ditekan. Berikut merupakan port penghubungnya:

- Pin *GPIO*: Satu pin dari *push button* akan terhubung ke salah satu pin *GPIO* pada Raspberry Pi, yang berfungsi sebagai input.
- Ground Pin: Pin lainnya dari push button akan dihubungkan ke ground (GND) pada Raspberry Pi. Ketika tombol ditekan, rangkaian akan tertutup, dan Raspberry Pi akan mendeteksi sinyal dari pin *GPIO* yang terhubung.

4.4.4. Koneksi dan Integrasi

- Koneksi: Semua komponen (Raspberry Pi, modul LCD, dan push button) dihubungkan dengan konektor ke pin yang sesuai. Penting untuk memastikan bahwa koneksi ini stabil dan rapi untuk mencegah masalah dalam komunikasi data.
- Pengolahan Data: Raspberry Pi menjalankan program yang ditulis dalam bahasa pemrograman seperti Python. *Library* seperti RPi.GPIO atau gpiozero digunakan untuk membaca *input* dari *push button* dan mengendalikan tampilan pada LCD.

Contoh Koneksi:

- LCD ke Raspberry Pi:
 - Pin D4 (data) → GPIO 23
 - Pin D5 (data) → GPIO 24
 - Pin D6 (data) → GPIO 25
 - Pin D7 (data) → GPIO 12
 - Pin RS → GPIO 18
 - Pin RW → GND
 - Pin E → GPIO 17
 - Pin VSS → GND
 - Pin VDD → 5V
- Push Button ke Raspberry Pi:
 - Satu pin push button → GPIO 22
 - Pin lainnya → GND

Dengan rancangan sistem *hardware* ini, Raspberry Pi 3B dapat berfungsi sebagai pusat pengendalian yang mengelola interaksi pengguna melalui LCD dan *push button*, serta berintegrasi dengan fungsi pengenalan wajah dalam proses pemesanan.

BAB 5

KOMPLEKSITAS MASALAH

5.1. Kedalaman Pengetahuan Elektro

Dalam perancangan dan pengembangan sistem, tentunya terdapat beberapa aspek yang berkaitan dengan ilmu keelektroan yang digunakan. Bagian antarmuka pengguna yang terdiri dari komponen seperti sensor dalam bentuk Push Button, modul LCD, dan mini PC (Raspberry Pi3) memerlukan pemahaman Sistem Benam, mulai dari integrasi, pemrogramannya, distribusi daya. Pengetahuan topik algoritma *Machine Learning*/Pemrosesan Sinyal Digital dan Dasar Pemrograman juga berperan besar, untuk dapat memahami dan menerapkan sistem pengenalan wajah yang memiliki dasar berbasis convolutional neural networks (CNN), serta manajemen database menu dan pola preferensi pelanggan. Desain mounting, serta casing untuk komponen-komponen di atas juga sudah sebagian diperkenalkan melalui mata kuliah Sistem Robotika/Mekatronika.

5.2. Kedalaman Pengetahuan Lintas Ilmu

Keterbatasan mini PC untuk proses *inference* dan *training* mengharuskan adanya PC yang digunakan sebagai server, dimana model pengenalan wajah dideploy. Keahlian untuk deployment ML/DevOps yang merupakan bidang Ilmu Komputer perlu digunakan. Selain itu, beberapa hal lain seperti pembuatan API, beserta *path forwarding* atau *tunneling* yang memungkinkan komunikasi client ke server melalui API juga digunakan.

Perancangan solusi tentunya perlu memperhatikan kondisi pada aplikasi riilnya. Secara parsial ilmu manajemen dapat membantu dalam membuka perspektif *user* (penjual) yang mengharapkan percepatan alur operasional. Di sisi lain manajemen digunakan dalam menyusun perencanaan untuk pengerjaan proyek. Pengetahuan terkait psikologi kognitif juga dibutuhkan, terutama untuk penentuan fitur-fitur yang

esensial, yang akan diimplementasi pada sistem *self-order* untuk mengurangi jumlah langkah dalam proses pemesanan dan menyajikan informasi yang mudah dipahami

5.3. Pertimbangan Standar

Ketika mengimplementasikan sistem self-ordering berbasis pengenalan wajah di lingkungan FTUI, penting untuk mempertimbangkan standar teknis yang terkait dengan kinerja, keandalan, dan aksesibilitas. Sistem yang dirancang harus diuji terlebih dahulu dalam kondisi simulasi untuk memastikan bahwa perangkat dan alur kerja berfungsi dengan baik, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna, dan operasional sistem di lingkungan kampus.

5.4. Pertimbangan Batasan

Pengembangan sistem menghadapi beberapa batasan. Keterbatasan perangkat keras seperti Raspberry Pi dan kamera dapat mempengaruhi kecepatan pemrosesan dan akurasi pengenalan wajah, terutama dalam kondisi pencahayaan yang tidak optimal. Anggaran yang terbatas membatasi pemilihan komponen berkualitas tinggi, yang dapat berdampak pada kinerja sistem. Selain itu, konektivitas jaringan yang tidak stabil dapat mengganggu operasi sistem. Aksesibilitas juga perlu diperhatikan, dengan desain yang mudah digunakan oleh berbagai kalangan. Waktu dan anggaran implementasi yang terbatas mungkin memaksa pengembangan untuk memprioritaskan fitur inti terlebih dahulu,

5.5. Kedalaman Pemodelan Matematis

Sebagian besar pemodelan matematis yang dibutuhkan pada sistem ini terdapat pada bagian model pengenalan wajah, yang dimana dalam proyek ini menggunakan library *Face Recognition* dari *OpenCV*.

5.1.1. Preprocessing

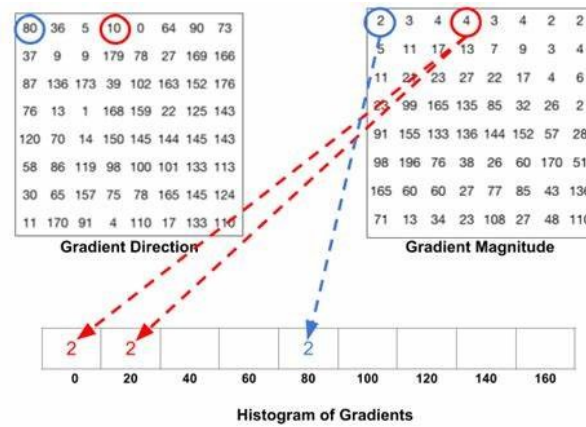
Pada tahap awal gambar input masuk, baik untuk training maupun prediksi, gambar akan di-*resized* menjadi ukuran 105 x 150 px. Selanjutnya, library akan mengkonversi gambar menjadi grayscale untuk mengurangi kompleksitas warna, karena pengenalan wajah hanya dilakukan berdasarkan bentuk dan tekstur. Normalisasi dari nilai 8 bit 0-255 ke rentang 0-1 untuk memudahkan pelatihan.

5.1.2. Face Detection

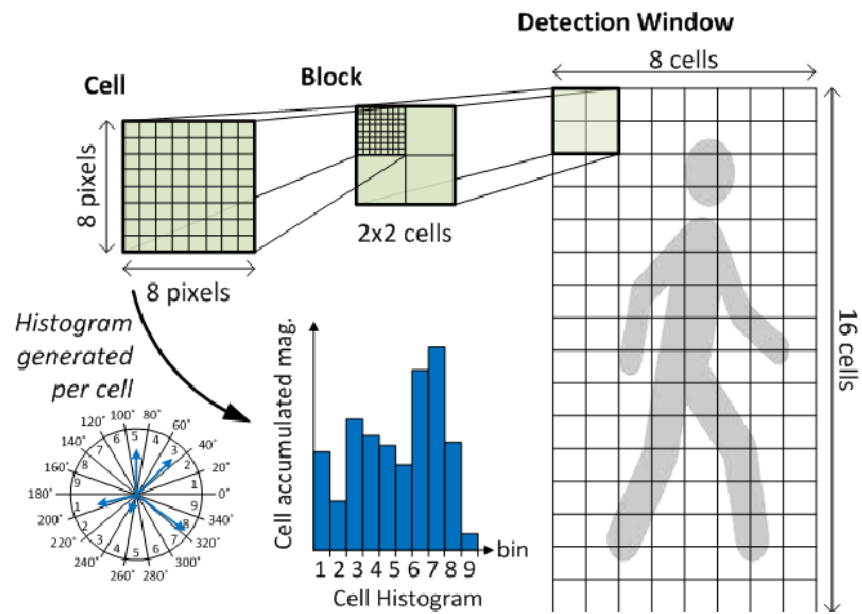
Sebelum dapat dilakukan pengenalan wajah, model perlu terlebih dahulu menyeleksi area dimana wajah terdapat dalam gambar. Terdapat 2 metode yang disediakan oleh library `face_recognition`, HOG (Histogram of Oriented Gradients) dan CNN (Convolution Neural Network).

- HOG (Histogram of Oriented Gradients)

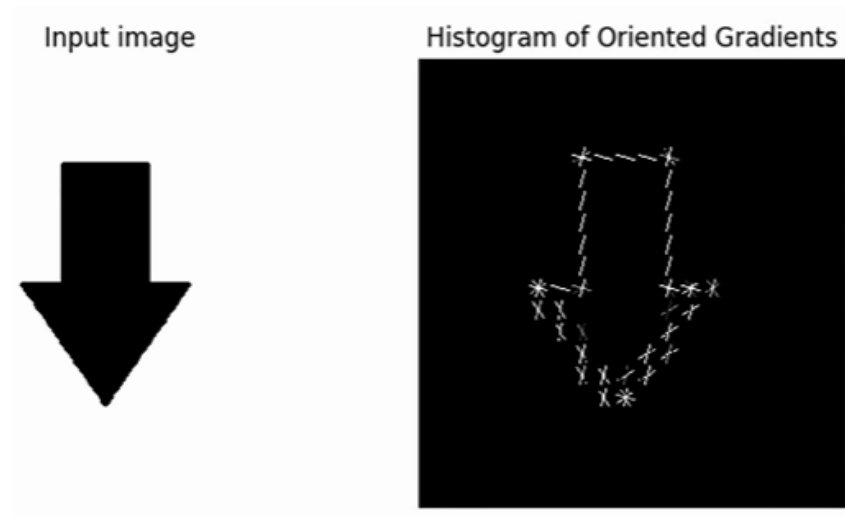
Metode ini memperhitungkan perubahan atau gradien tiap blok pixel serta orientasinya pada gambar. Tiap blok, gradient akan berisi magnitude dan juga arah. Kemudian berdasarkan magnitude dan arah tiap pixel dalam satu blok, disusun sebuah histogram dimana jumlah tiap kolom histogram membentuk beberapa jumlah vektor. Kontur terdeteksi akan dibentuk dari serangkaian vektor-vektor yang terbentuk tiap blok.



Gambar 5-1 Proses Penyusunan Histogram Vektor



Gambar 5-2 Proses *Histogram Oriented Gradients*

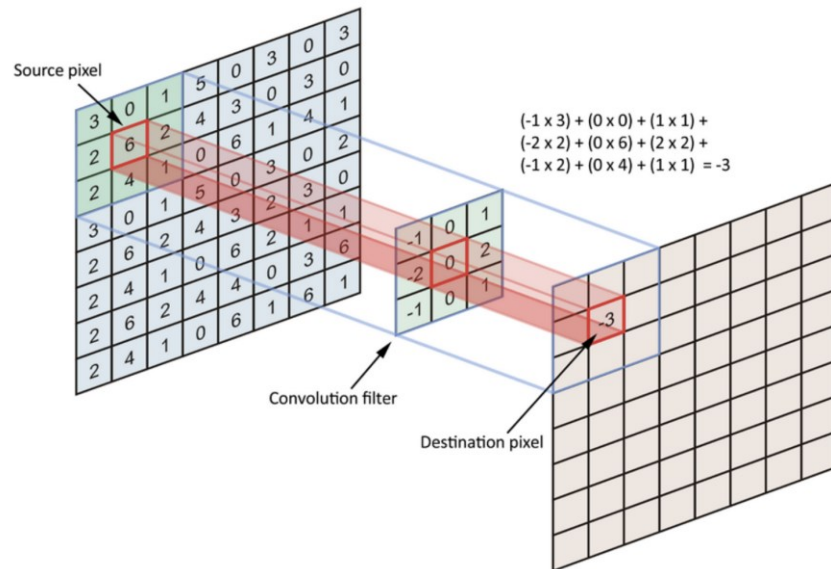


Gambar 5-3 *Histogram Oriented Gradients*

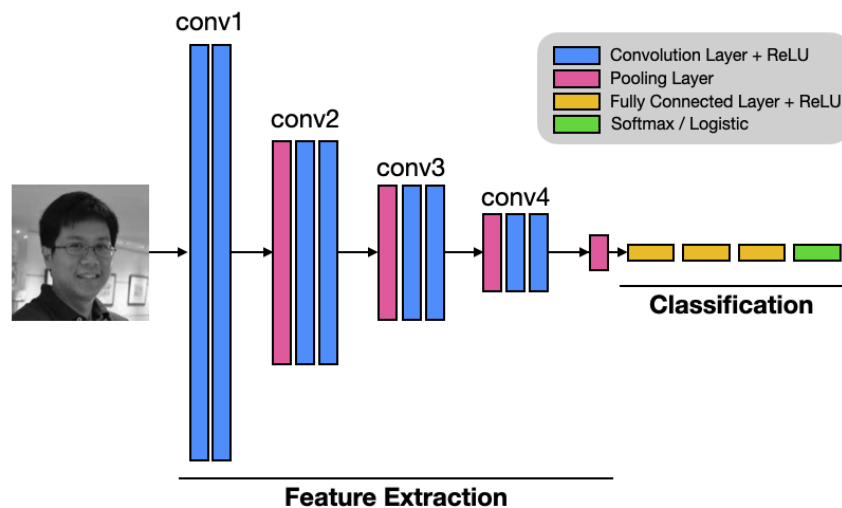
HOG akan dilakukan setelah sliding window mengambil bagian gambar. Setelah HOG, maka model klasifikasi SVM (Support Vector Machine) akan mengklasifikasi apakah jendela hasil sliding window berisi wajah atau tidak, jika iya maka window akan digambarkan menjadi bounding box.

- CNN (Convolution Neural Network)

Pada metode CNN, gambar masukan hasil cropping *sliding window* dikonvolusikan terhadap filter untuk melakukan ekstraksi fitur. *Feature map* hasil ekstraksi kemudian di *flattened* kedalam vektor 1D yang selanjutnya akan diproses oleh Fully Connected Layer yang melakukan klasifikasi biner apakah bagian gambar tersebut berupa wajah atau bukan.



Gambar 5-4 Konvolusi CNN

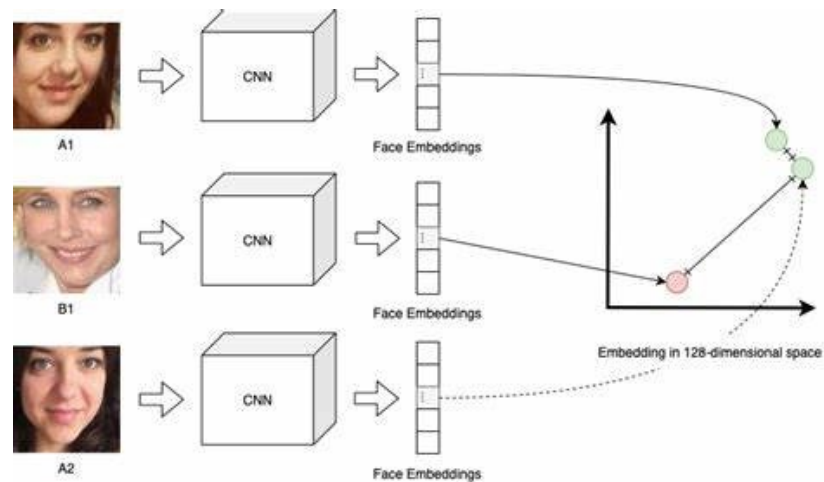


Gambar 5-5 Arsitektur *Convolutional Neural Network*

5.1.3. Face Recognition

Selanjutnya pengenalan yang membedakan wajah tiap orang yang berbeda dilakukan. Namun sebelumnya akan dilakukan *alignment* terlebih dahulu untuk menyesuaikan mata, hidung, mulut, fitur-fitur lain. Kemudian wajah yang telah diseleksi ke dalam *bounding box* diproses dengan model CNN yang lain untuk

mempelajari fitur wajah. Fitur wajah yang telah diekstraksi menjadi *feature map* di *embedd* ke dalam sebuah vektor 1D. Fitur wajah berupa *face embedding* akan dibandingkan dengan wajah yang telah ditrain berdasarkan jarak euclidiannya, dengan kemiripan yang dihitung di bawah nilai *threshold* tertentu.



Gambar 5-6 Euclidian Distance Face Recognition

Akurasi akan diperhitungkan dari jumlah perbandingan wajah terhadap wajah yang telah ditrain dengan prediksi benar (*euclidian distance* dibawah nilai tertentung), terhadap jumlah wajah yang sebelumnya ditrain pada model.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] . D. Reis, J. Hong, J. Kupec, dan A. Daoudi, "Real-Time Flying Object Detection with YOLOv8," arXiv, May 2024. [Online].
<https://arxiv.org/abs/2305.09972> .
- [2] Autogyro, "YOLOv8 - Object Detection," GitHub Repository, Available:
<https://github.com/autogyro/yolo-v8> . [Diakses 06-Oktober-2024].
- [3] Republik Indonesia, "Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi," JDIH Kominfo, 17 Oktober 2022.
- [4] Republik Indonesia, "Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik," JDIH Kominfo, 10 Oktober 2019.
- [5] Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 20 Tahun 2016 tentang Perlindungan Data Pribadi dalam Sistem Elektronik," JDIH Kominfo, 1 Desember 2016.
- [6] J. Zhang, W. Li, Z. Zhang, J. Huang, and G. He, "Face Detection and Recognition Using Improved YOLO Models," The Visual Computer, vol. 37, no. 8, pp. 2381-2394, 2021.
- [7] J. Patel and A. Kumar, "Face Recognition using Open Source Computer Vision Library (OpenCV) with Python," International Journal of Computer Applications, vol. 178, no. 5, pp. 15-20, 2019.
- [8] A. Geitgey, "face_recognition - The world's simplest facial recognition API for Python and the command line," GitHub Repository, Tersedia:
https://github.com/ageitgey/face_recognition . [Diakses: 04-Oktober-2024]

- [9] Jungletronics, "Histogram Equalization," Medium, 23 Apr 2020. [Online]
Tersedia: <https://medium.com/jungletronics/histogram-equalization-34149fc299a6> . [Diakses: 05-Oktober-2024]
- [10] S. Bachu, "Face-Liveness Detection," GitHub Repository, Tersedia:
<https://github.com/sakethbachu/Face-Liveness-Detection>. [Diakses: 06-
Oktober-2024].
- [11] Suchandra Datta, "How to Get Started with Firebase Using Python,"
FreeCodeCamp, 15 Jul 2020. [Online]. Available:
<https://www.freecodecamp.org/news/how-to-get-started-with-firebase-using-python/> . [Diakses: 06-Oktober-2024].