



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 : fadhlurrohman.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	1
ABSTRAK	3
DAFTAR ISI.....	4
DAFTAR GAMBAR.....	7
DAFTAR TABEL	8
Bab 1 PENDAHULUAN.....	9
1.1. Permasalahan Dunia Nyata.....	9
1.2. Profil Pengguna Solusi.....	10
1.3. Kebutuhan Pengguna Solusi	10
1.4. Studi Literatur.....	10
1.5. Rumusan Solusi	12
1.6. Rumusan Permasalahan Solusi.....	12
Bab 2 Studi Literatur dan Alternatif Solusi	14
2.1. Penggunaan Face Recognition Terhadap Privasi Pelanggan.....	14
2.2. Penerapan Algoritma YOLO Python untuk Pengenalan Wajah	14
2.3. Penerapan Library Face Recognition Python untuk Pengenalan Wajah	16
2.4. Optimisasi algoritma <i>Deep Learning</i>	16
2.5. Penerapan Penyimpanan <i>Cloud</i> untuk Sinkronisasi Data	17
Bab 3 STANDARD & REALISTIC CONSTRAINT	18
3.1. Standar Target Solusi	18
3.2. Standar Rumusan Solusi	19
3.3. Rumusan Batasan Teknis.....	21
3.4. Rumusan Batasan Non Teknis.....	22
Bab 4 PERANCANGAN SISTEM	25
4.1. Diagram Alir.....	25
4.2. Teknik Solusi Sistem.....	26
4.2.1. Arsitektur Fisik	26
4.2.2. <i>Cloud Server</i>	27
4.2.3. <i>Machine Learning</i>	28
4.3. Komponen Hardware	29
4.3.1. <i>Raspberry Pi 3B</i>	29
4.3.2. <i>Webcam</i>	30
4.3.3. <i>Personal Computer</i>	30
4.3.4. <i>LCD</i>	30

4.3.5. Dongle WiFi.....	30
4.3.6. Printed Circuit Board (PCB)	31
4.3.7. Push Button	31
4.4. Rancangan Sistem Hardware	31
4.4.1. Raspberry Pi 3B	31
4.4.2. Modul LCD (Misalnya, LCD 128x64 pixel).....	32
4.4.3. Push Button	32
Bab 5 KOMPLEKSITAS MASALAH.....	34
5.1. Kedalaman Pengetahuan Elektro.....	34
5.2. Kedalaman Pengetahuan Lintas Ilmu.....	34
5.3. Pertimbangan Standar	35
5.4. Pertimbangan Batasan	35
5.5. Kedalaman Pemodelan Matematis.....	35
5.1.1. Preprocessing	36
5.1.2. Face Detection.....	36
5.1.3. Face Recognition.....	39
Bab 6 STUDI KELAYAKAN.....	40
6.1. Potensi Calon Pengguna	40
6.1.1. Usia:	40
6.1.2. Ekonomi:	40
6.1.3. Gender:.....	40
6.2. Potensi Manfaat.....	41
6.2.1. Kebutuhan:	41
6.2.2. Manfaat:	41
6.3. Potensi Penyerapan Pengguna.....	41
6.3.1. Harga dan Kualitas Kompetitor:	41
6.3.2. Penantian Calon Pengguna:	42
6.4. Potensi Skalabilitas dari Prototyping hingga Produksi Massal	42
Bab 7 PERHITUNGAN ILMIAH	43
Bab 8 PERENCANAAN PROYEK.....	45
8.1. Tahapan Proyek	45
8.1.1. Perencanaan	45
8.1.2. Pengembangan	45
8.1.3. Uji Coba dan Evaluasi.....	45
8.1.4. Dokumentasi	46
8.2. Linimasa Proyek	46
Bab 9 ANGGOTA TIM & TANGGUNG JAWAB.....	47
9.1. Pembagian Tanggung Jawab	47
Bab 10 RENCANA ANGGARAN BIAYA	49
10.1. Penggunaan Aset Tahun Sebelumnya.....	49

10.2. Penggunaan Aset Baru	49
Bab 11 TARGET KINERJA dan HASIL	50
11.1. Target Kinerja Sistem	50
11.2. Target Reliabilitas Sistem	50
DAFTAR PUSTAKA	51
Lampiran	53
Linimasa Proyek	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Performa YOLOv8 dibanding versi sebelumnya.....	15
Gambar 4-1. Diagram Alir Sistem	26
Gambar 5-1 Proses Penyusunan Histogram Vektor	36
Gambar 5-2 Proses <i>Histogram Oriented Gradients</i>	37
Gambar 5-3 <i>Histogram Oriented Gradients</i>	37
Gambar 5-4 Konvolusi CNN	38
Gambar 5-5 Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i>	38
Gambar 5-6 <i>Euclidian Distance Face Recognition</i>	39
Gambar 8-1 Linimasa Proyek	46

DAFTAR TABEL

Tabel 10-1 Rencana Anggaran Biaya	49
-----------------------------------------	----

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.

Sistem pemesanan mandiri telah terbukti mengurangi waktu tunggu pelanggan untuk melakukan pemesanan tanpa perlu menunggu staf. Berdasarkan penelitian oleh Yang, Z., et al., waktu tunggu bisa berkurang hingga 40% di restoran cepat saji yang sistem pemesanan mandiri [12]. Selain itu, menurut Chang, J., et al., efisiensi operasional juga dapat ditingkatkan hingga 30%, dimana sumber daya untuk pencatatan pesanan dapat dialihkan ke tugas lain yang lebih penting, seperti persiapan makanan [13]. Begitu pula dengan kesalahan pesanan, dalam studi oleh Bettencourt, L. A., et al dengan penurunan sebesar 12% [14].

Untuk menjawab permasalahan ini, teknologi pengenalan wajah (*Face Recognition*) untuk personalisasi pemesanan merupakan solusi yang cocok. Dimana solusi serupa dalam lingkup edukasi, telah terbukti berhasil diimplementasikan untuk meningkatkan akurasi pencatatan kehadiran hingga 95%, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk absensi manual hingga 70% [15]. 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* [6].

Teknologi pengenalan wajah semakin diadopsi oleh restoran cepat saji untuk meningkatkan efisiensi dan pengalaman pelanggan [12]. 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 [14]. 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 [5].

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 [3]. 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 [4].

Dari segi teknis, algoritma YOLO v8 dapat diandalkan untuk mendeteksi wajah secara real-time dengan akurasi tinggi [1], 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 [6]. Sebagai alternatif, library Face Recognition menawarkan solusi yang lebih ringan dan mudah diimplementasikan pada Raspberry Pi 3B, dengan akurasi yang cukup tinggi meskipun menggunakan dataset kecil [7]. Untuk mengatasi keterbatasan daya komputasi, Firebase dapat digunakan sebagai solusi untuk komunikasi nirkabel antara Raspberry Pi dan server cloud [11], 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 permasalahan yang akan kami pelajari.

1. Bagaimana penerapan teknologi pengenalan wajah dapat mempercepat dan mempermudah personalisasi pesanan pelanggan?
2. Bagaimana kemampuan sistem dalam menangani beban komputasi dari pengenalan wajah secara *real-time*, dan apakah solusi *hybrid* dengan *cloud* diperlukan ketika beban komputasi meningkat atau data yang dilatih bertambah?

3. Bagaimana tingkat akurasi dan kecepatan pengenalan wajah yang dihasilkan oleh kombinasi *OpenCV* dan *Face Recognition*?
4. Bagaimana penerapan algoritma deteksi *liveness* dapat mengurangi risiko serangan *spoofing*?

BAB 2

STUDI LITERATUR DAN ALTERNATIF SOLUSI

2.1. Penggunaan Face Recognition Terhadap Privasi Pelanggan.

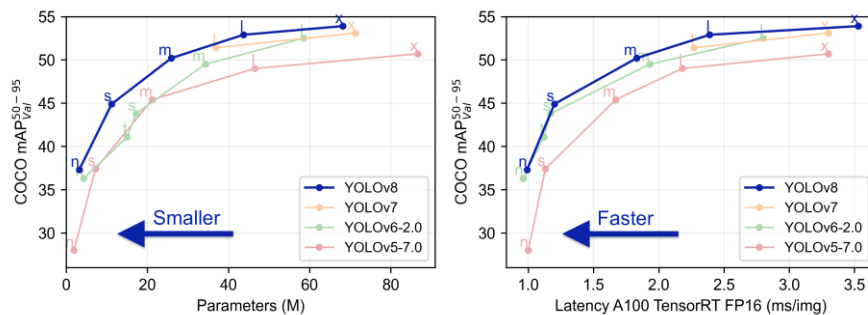
Penerapan teknologi pengenalan wajah (Face Recognition System, FRS) untuk personalisasi pemesanan di kantin memiliki banyak potensi dalam meningkatkan efisiensi layanan. Namun, di balik efisiensi ini, terdapat tantangan privasi yang perlu dipertimbangkan. Berdasarkan Undang-Undang No. 27 Tahun 2022 tentang 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.

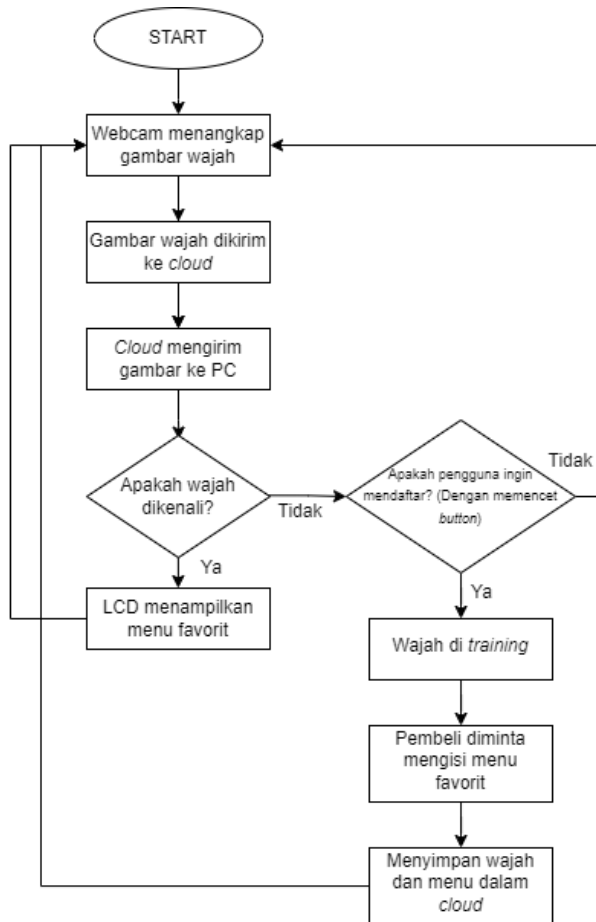
BAB 4

PERANCANGAN SISTEM

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 128x64 pixel)

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

- LCD 128x64 pixel biasanya menggunakan antarmuka serial untuk komunikasi, sehingga mengurangi jumlah pin yang diperlukan. Jika menggunakan I2C, hanya dua pin yang diperlukan:
 - SDA (Serial Data Line): Untuk mengirim data.
 - SCL (Serial Clock Line): Untuk sinkronisasi data.
- Pin Kontrol:
 - Untuk LCD 128x64, pin kontrol juga lebih sedikit jika menggunakan modul dengan I2C. Namun, jika menggunakan SPI, akan ada pin tambahan seperti:
 - DC (Data/Command): Digunakan untuk memilih apakah data yang dikirim adalah perintah atau data karakter.
 - CS (Chip Select): Digunakan untuk memilih perangkat yang aktif.
 - RST (Reset): Digunakan untuk mereset LCD jika diperlukan.

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.

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

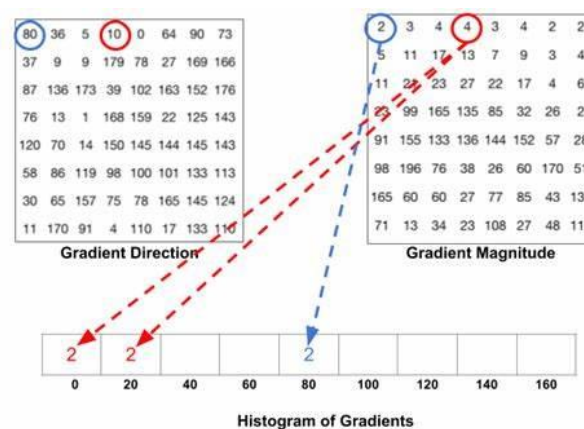
Pada tahap awal gambar input masuk, baik untuk training maupun prediksi, gambar akan di-*resized* menjadi ukuran 105 x 150 px. Selanjutnya, library akan mengkonversi gambar menjadi grayscale untuk mengurangi kompleksitas warna, karena pengenalan wajah hanya dilakukan berdasarkan bentuk dan tekstur. Normalisasi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

5.1.2. Face Detection

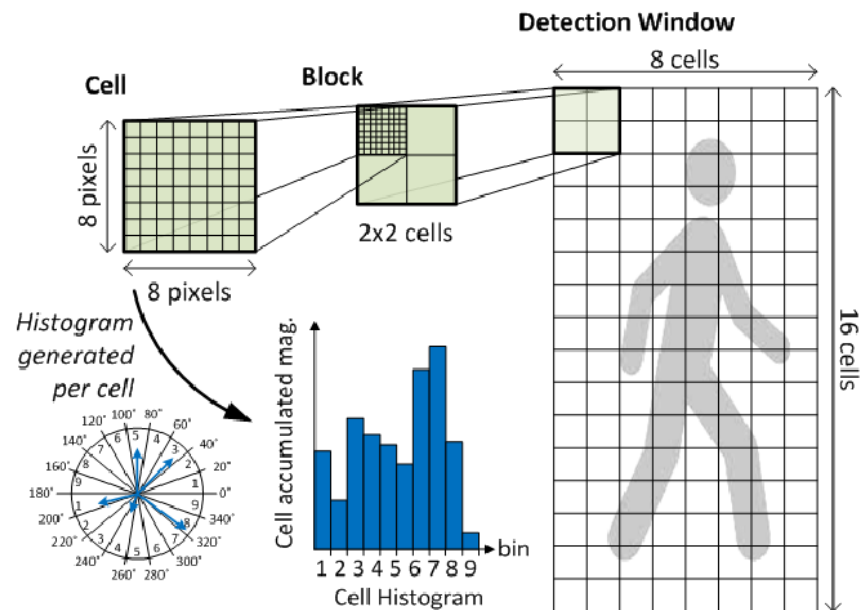
Sebelum dapat dilakukan pengenalan wajah, model perlu terlebih dahulu menyeleksi area dimana wajah terdapat dalam gambar. Terdapat 2 metode yang disediakan oleh library face_recognition, HOG (Histogram of Oriented Gradients) dan CNN (Convolution Neural Network).

- HOG (Histogram of Oriented Gradients)

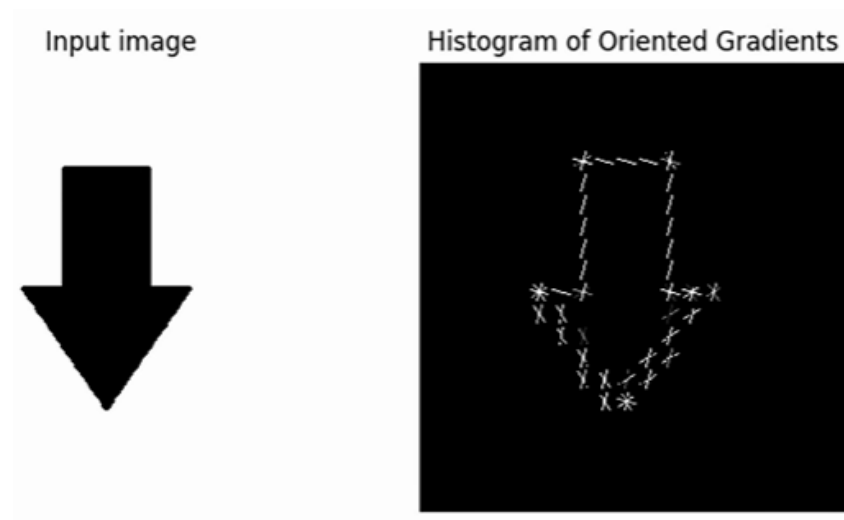
Metode ini memperhitungkan perubahan atau gradien tiap blok pixel serta orientasinya pada gambar. Tiap blok, gradient akan berisi magnitude dan juga arah. Kemudian berdasarkan magnitude dan arah tiap pixel dalam satu blok, disurun sebuah histogram dimana jumlah tiap kolom histogram membentuk beberapa 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*

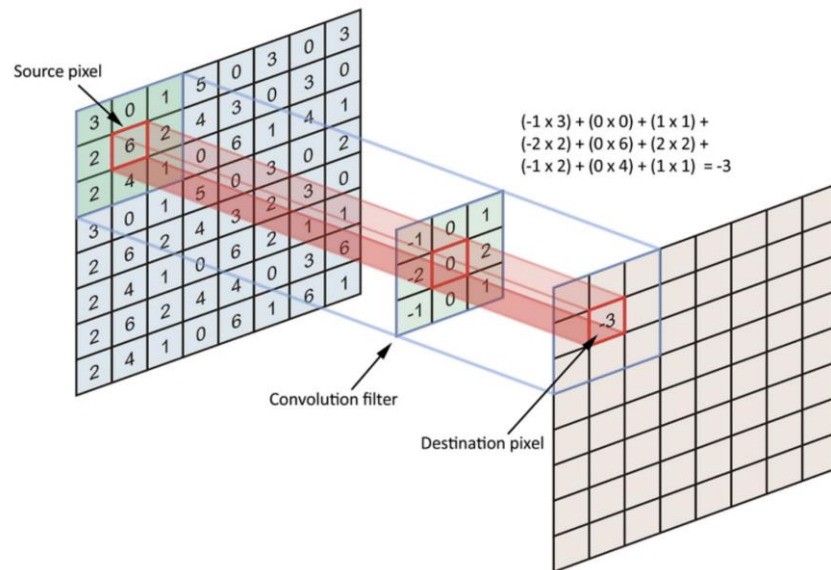


Gambar 5-3 *Histogram Oriented Gradients*

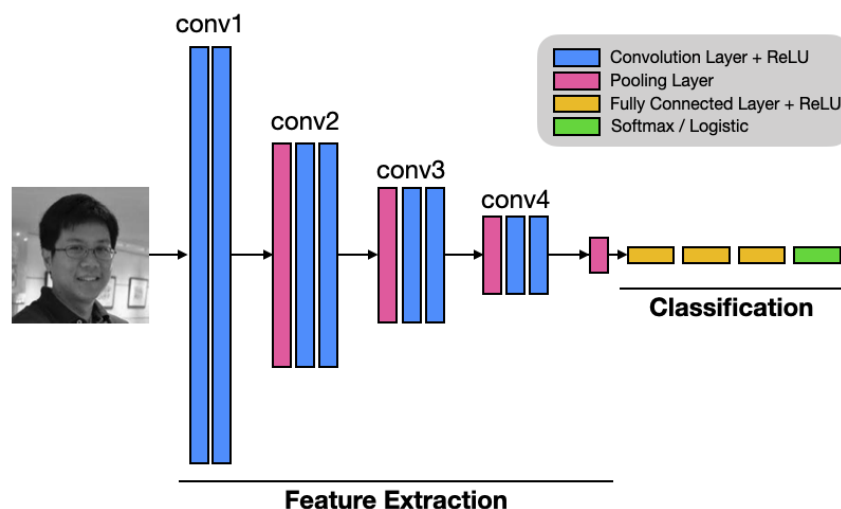
HOG akan dilakukan setelah sliding window mengambil bagian gambar. Setelah HOG, maka model klasifikasi SVM (Support Vector Machine) akan mengklasifikasi apakah jendela hasil sliding window berisi wajah atau tidak, jika iya maka window akan digambarkan menjadi bounding box.

- 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.



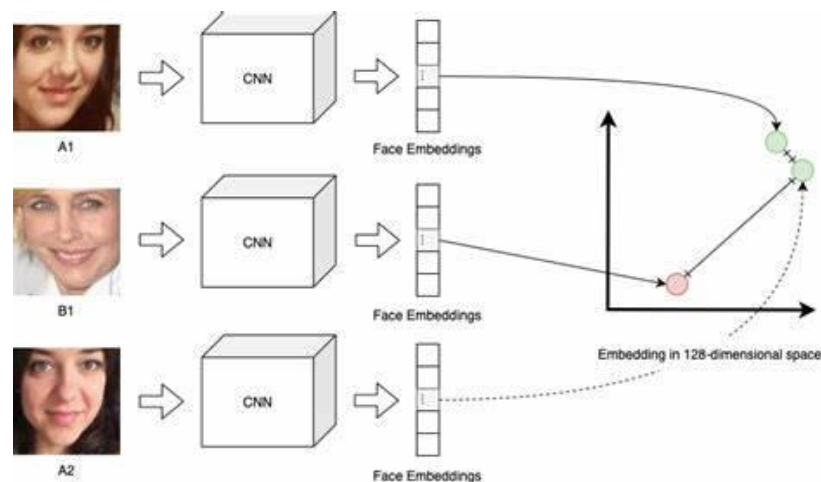
Gambar 5-4 Konvolusi CNN



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.

BAB 6

STUDI KELAYAKAN

6.1. Potensi Calon Pengguna

6.1.1. Usia:

Sistem ini dirancang untuk melayani pedagang kantin yang melayani pelanggan dari berbagai usia, mulai dari mahasiswa, staf, hingga dosen. Karena teknologi pengenalan wajah mudah diadopsi dan intuitif, pedagang tidak perlu khawatir tentang kemampuan pelanggan dalam menggunakannya. Pedagang dapat dengan mudah melayani semua pengguna kantin, baik muda maupun dewasa, dengan sistem yang modern dan cepat.

6.1.2. Ekonomi:

Dari sisi ekonomi, sistem ini memberikan solusi efisien dan terjangkau bagi pedagang kantin yang ingin meningkatkan pelayanan. Dengan biaya yang rendah, pedagang dapat berinvestasi dalam sistem ini tanpa perlu khawatir tentang pengeluaran yang besar. Sistem ini juga mendukung otomatisasi proses pemesanan, sehingga mengurangi kesalahan pemesanan manual dan meningkatkan efisiensi operasional.

6.1.3. Gender:

Sistem ini dirancang untuk semua kalangan tanpa memandang gender. Antarmuka yang intuitif dan pengalaman layanan yang cepat serta personal membuatnya *accessible* untuk semua kelompok pengguna.

6.2. Potensi Manfaat

6.2.1. Kebutuhan:

Sistem ini memecahkan masalah terkait efisiensi dan personalisasi dalam layanan pemesanan. Dengan pengenalan wajah, pengguna yang sering datang dapat ditawarkan pesanan sebelumnya, mengurangi waktu pemilihan menu dan mempercepat proses pemesanan. Fitur ini sangat bermanfaat di jam sibuk untuk mengurangi antrian dan memberikan solusi layanan mandiri yang lebih efisien.

6.2.2. Manfaat:

Pengguna mendapatkan keuntungan dari proses pemesanan yang lebih cepat dan dipersonalisasi, pengurangan waktu tunggu, serta rekomendasi menu berdasarkan preferensi sebelumnya, terutama bagi pelanggan tetap. Bagi penjual, sistem ini meningkatkan pergantian pelanggan dan kepuasan, terutama di lingkungan seperti kantin kampus sibuk. Sistem untuk mengurangi kesalahan pesanan dan mengurangi beban pedagang dalam mengingat pesanan pelanggan tetap.

6.3. Potensi Penyerapan Pengguna

6.3.1. Harga dan Kualitas Kompetitor:

Produk kompetitor, seperti sistem pemesanan mandiri di salah satu restoran cepat saja, masih menggunakan antarmuka layar sentuh tanpa personalisasi berbasis pengenalan wajah. Sistem kami menghadirkan personalisasi yang lebih unggul, interaksi yang lebih cepat, dan tetap lebih terjangkau, meskipun memanfaatkan modul kamera dan Raspberry Pi. Dengan biaya yang lebih kompetitif dan fitur yang lebih canggih, sistem ini menawarkan nilai yang jauh lebih tinggi dibandingkan solusi serupa yang sudah ada. Selain itu,

walaupun secara fisik dan sistem pemesanan mandiri di restoran saja sudah lebih *robust*, namun solusi tidak *feasible* secara ekonomi untuk digunakan untuk UMKM.

6.3.2. Penantian Calon Pengguna:

Pengguna, dalam hal ini pedagang kantin, sangat menantikan sistem ini sebagai solusi untuk mempercepat proses pemesanan, terutama di jam sibuk ketika antrean panjang. Dengan pengenalan wajah, pelanggan tetap dapat dengan cepat melakukan pemesanan tanpa perlu mengantre lama, sehingga meningkatkan efisiensi layanan. Selain itu, sistem ini juga memberikan pengalaman yang lebih personal, sehingga pelanggan lebih puas dan cenderung kembali. Karena biayanya lebih rendah dibandingkan sistem tradisional, penjual kantin dapat dengan mudah mengadopsinya tanpa beban biaya tinggi.

6.4. Potensi Skalabilitas dari Prototyping hingga Produksi Massal

Komponen utama sistem kami, yaitu Raspberry Pi dan webcam, yang mudah didapatkan di berbagai toko online dengan biaya yang relatif terjangkau, sehingga memudahkan proses pengadaan untuk prototyping hingga produksi massal. Selain itu, pemrograman yang digunakan bersifat open-source, memungkinkan pengembangan sistem secara fleksibel dan berkelanjutan. Dengan demikian, sistem memiliki skalabilitas karena pengembang lain dapat dengan mudah melanjutkan atau memperluas proyek ini dengan menyesuaikan software tanpa kendala lisensi atau biaya tambahan.

BAB 7

PERHITUNGAN ILMIAH

Untuk meningkatkan akurasi dalam pengenalan wajah, langkah awal yang penting adalah menentukan *bounding box* yang tepat untuk setiap wajah dalam gambar. Dengan menggunakan *library face_recognition* dalam OpenCV, kita dapat mendeteksi wajah dan mengidentifikasi *bounding box* terbesar di antara wajah-wajah yang terdeteksi. Proses ini tidak hanya membantu dalam isolasi wajah yang ingin dianalisis, tetapi juga memberikan fondasi yang kuat untuk langkah-langkah pemrosesan lebih lanjut dalam sistem pengenalan wajah. Berikut merupakan langkah-langkah yang diperlukan untuk mencapai tujuan ini.

1. *Import Library*

```
import face_recognition
import cv2
```

Pada langkah ini, perlu mengimpor *library* yang diperlukan. *face_recognition* adalah *library* yang digunakan untuk mendeteksi wajah dalam gambar, sementara *cv2* adalah pustaka OpenCV yang digunakan untuk memanipulasi dan menampilkan gambar.

2. Memuat Gambar

```
image = cv2.imread('path_to_image.jpg')
```

Di sini, akan dimuat gambar yang ingin dianalisis ke dalam variabel *image*. Gambar ini harus berada di *path* yang sesuai. OpenCV membaca gambar ini dalam format array, yang akan digunakan untuk deteksi wajah.

3. Mendeteksi Wajah

```
face_locations = face_recognition.face_locations(image)
```

Fungsi tersebut digunakan untuk mendeteksi wajah dalam gambar. Fungsi ini mengembalikan daftar *bounding box*, masing-masing dalam bentuk “tuple (top, right, bottom, left)”, yang menunjukkan posisi wajah dalam gambar.

4. Menemukan *Bounding Box* Terbesar

```
largest_box = max(face_locations, key=lambda box: (box[2] - box[0]) * (box[1] - box[3]))
```

Pada langkah ini, digunakan fungsi *max()* yang berfungsi menemukan *bounding box* terbesar berdasarkan area. Fungsi *lambda* *key=lambda box: (box[2] -*

$\text{box}[0]) * (\text{box}[1] - \text{box}[3])$ untuk menghitung luas setiap *bounding box* dengan rumus $\text{Area} = \text{tinggi} \times \text{lebar}$, di mana tinggi adalah $(\text{box}[2] - \text{box}[0])$ dan lebar adalah $(\text{box}[1] - \text{box}[3])$.

5. Menggambar *Bounding Box*

```
top, right, bottom, left = largest_box  
cv2.rectangle(image, (left, top), (right, bottom), (0, 255, 0), 2)
```

Setelah menemukan *bounding box* terbesar, kita dapat menggambar kotak persegi panjang di sekitar wajah tersebut menggunakan `cv2.rectangle()`. Warna kotak adalah hijau (0, 255, 0) dan ketebalan garis adalah 2 piksel.

6. Menampilkan Gambar

```
cv2.imshow('Largest Face', image)  
cv2.waitKey(0)  
cv2.destroyAllWindows()
```

Di langkah terakhir, kita menampilkan gambar yang telah dilengkapi dengan *bounding box* menggunakan `cv2.imshow()`. Fungsi `cv2.waitKey(0)` akan menunggu input dari pengguna, dan `cv2.destroyAllWindows()` menutup semua jendela gambar setelah pengguna menekan tombol.

BAB 8

PERENCANAAN PROYEK

8.1. Tahapan Proyek

Pengerjaan Caspstone Project akan dibagi menjadi beberapa tahap. Secara garis besar, tahapan pengerjaan akan dibagi menjadi empat tahap, yakni tahap perencanaan, pengembangan, uji coba dan evaluasi, dan dokumentasi. Berikut merupakan penjelasan dari setiap tahap:

8.1.1. Perencanaan

Tahap perencanaan mencakup penyusunan rencana secara keseluruhan. Pada tahap ini dilakukan penentuan tema, identifikasi tujuan dan cakupan proyek, perencanaan sistem, studi kelayakan, perencanaan timeline, perencanaan anggaran, serta dilakukan analisis risiko dan persiapan strategi mitigasi,

8.1.2. Pengembangan

Pelaksanaan tahap pengembangan akan dilakukan sesuai dengan rencana dan timeline yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Aktivitas yang akan dilakukan pada tahap ini antara lain adalah pengadaan komponen, perakitan hardware, pengembangan model, pengembangan server, pengembangan sistem *on-device*, dan integrasi keseluruhan sistem.

8.1.3. Uji Coba dan Evaluasi

Tahapan uji coba dan evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan target kinerja yang diharapkan. Pada tahapan ini dilakukan pengujian untuk masing-masing sistem dan keseluruhan sistem secara *end-to-end*. Selanjutnya akan dilakukan evaluasi terhadap hasil yang didapat dari uji coba untuk mengidentifikasi masalah dan strategi

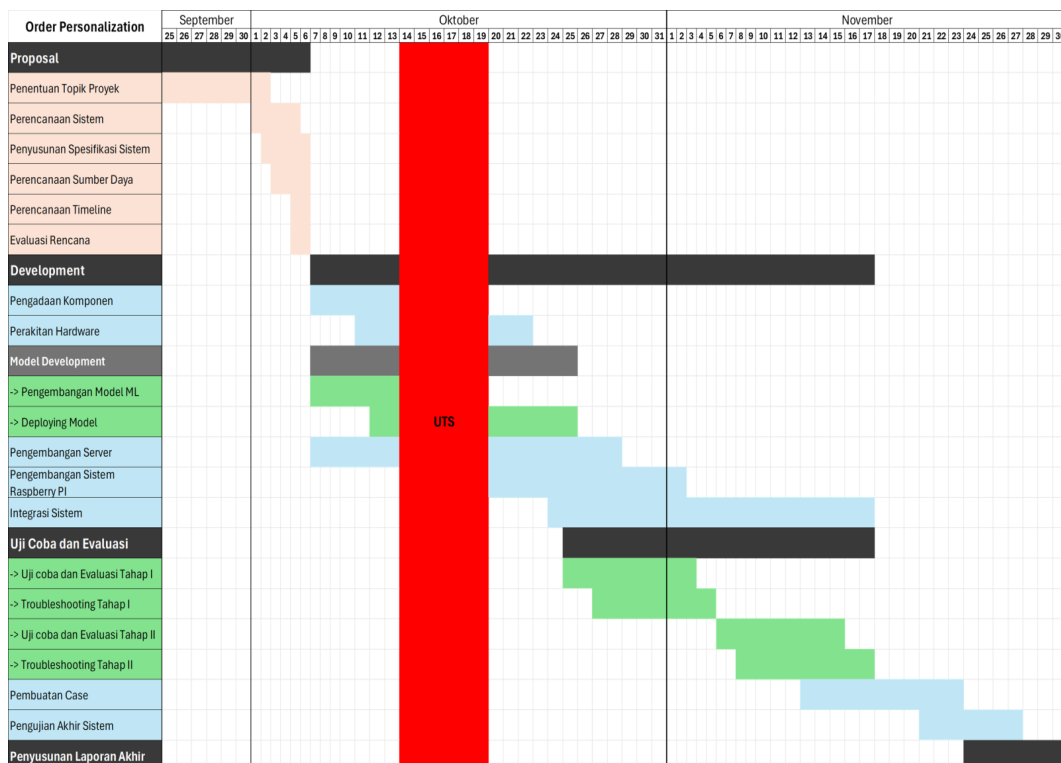
memperbaikinya. Lalu, proses ini akan dilanjutkan dengan proses *troubleshooting*.

8.1.4. Dokumentasi

Pada tahap akhir ini, semua aktivitas dan hasil proyek yang telah dilakukan dicatat secara rinci mengikuti panduan laporan akhir yang ada.

8.2. Linimasa Proyek

Pengerjaan proyek akan dilaksanakan sesuai dengan diagram Gantt di bawah. Setiap tahap yang dilakukan akan mengikuti timeline yang sudah ditetapkan untuk memastikan semuanya berjalan dengan sistematis dan tepat waktu.



Gambar 8-1 Linimasa Proyek

BAB 9

ANGGOTA TIM & TANGGUNG JAWAB

9.1. Pembagian Tanggung Jawab

Pembagian tugas untuk pengerjaan proyek dibagi menjadi empat bidang, yakni Model Development, Server Development, On-Device Application, dan Hardware Integration. Adapun pembagian tugas dan tanggung jawab dibagi sebagai berikut:

1. Model Development

PIC: Satwika Bintang Bahana

- Rincian Tugas:
 - Membuat aplikasi *face recognition* dengan python – 50 jam
 - Men-*training* model *face recognition* – 30 jam
 - Men-*deploy* model *face recognition* ke server – 30 jam
- Keterampilan yang dipunya:
 - Machine learning
 - Python
- Pelatihan yang dibutuhkan:
 - Pengembangan aplikasi dengan python

2. Server Development

PIC: Alexander Maximilian

- Rincian Tugas:
 - Mempersiapkan server yang stabil untuk memproses *request* dari raspberry Pi – 40 jam
 - Membuat database untuk menyimpan informasi pelanggan – 35 jam
 - Mengintegrasikan aplikasi *face recognition* ke server – 45 jam
- Keterampilan yang dipunya:
 - Machine learning
 - Python

- Pelatihan yang dibutuhkan:
 - Pengembangan server

3. On-Device Application

PIC: Zidan Fadlurrohman

- Rincian Tugas:
 - Memprogram raspberry pi untuk mengambil gambar dari webcam lalu mengirim request prediksi ke server lalu menampilkan response pada display LCD – 60 jam
 - Memastikan komunikasi antara raspberry pi dan server dapat dilakukan dengan latency yang kecil – 25 jam
- Keterampilan yang dipunya:
 - Machine learning
 - C/C++
 - Python
- Pelatihan Keterampilan:
 - Pemrograman Raspberry Pi

4. Hardware Integration

PIC: Amar Reza Al'as

- Rincian Tugas:
 - Interfacing webcam dan LCD dengan raspberry pi – 20 jam
 - Membuat desain 3D untuk *case cover* sistem – 30 jam
 - Memprint desain *case cover* sistem – 20 jam
- Keterampilan yang dipunya:
 - C/ C++
 - Soldering
- Pelatihan Keterampilan:
 - Autodesk Fusion - 3D Design

BAB 10

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Untuk merancang dan mengimplementasikan rancangan alat ini, penting untuk menyusun rencana anggaran biaya yang komprehensif. Rencana ini akan mencakup berbagai komponen, mulai dari perangkat keras dan perangkat lunak hingga biaya lainnya yang diperlukan. Dengan pemahaman yang jelas mengenai kebutuhan anggaran, kita dapat memastikan bahwa proyek ini efisien dalam pelaksanaan. Berikut adalah rincian rencana anggaran biaya untuk sistem ini.

10.1. Penggunaan Aset Tahun Sebelumnya

Pada rancangan sistem kami, seluruh komponen tidak ada yang menggunakan aset tahun sebelumnya.

10.2. Penggunaan Aset Baru

Tabel 10-1 Rencana Anggaran Biaya

No	Jenis Barang	Tipe Barang	Jumlah	Satuan	Harga	Total Harga	Sumber Pembelian
1	Raspberry Pi	Raspberry Pi 3 Model B	1	Buah	Rp 800,000	Rp 800,000	https://tokopedia.link/1OoTZkyutNb
2	Web camera	Logitech C505e Webcam HD	1	Buah	Rp 550,000	Rp 550,000	https://tokopedia.link/LXKjDhMqtNb
3	Dongle WiFi	Advance USB Dongle Wifi Wireless Adapter Receiver WF-01	1	Buah	Rp 55,000	Rp 55,000	https://tokopedia.link/dFwk5hWqtNb
4	Push Button	Tactile Switch Push Button 4P 6x6mm	10	Buah	Rp 600	Rp 6,000	https://tokopedia.link/gHxYnw2qtNb
5	3D Print Casing	Jasa Cetak 3D Print PLA PLA+	350	Gram	Rp 450	Rp 157,500	https://tokopedia.link/uhV3VfLttNb
6	LCD	LCD Graphic 12864 Green 128x64 Pixel with Backlight	1	Buah	Rp 120,000	Rp 120,000	https://tokopedia.link/r3Lws6SttNb
7	Adapter	Power Supply Adapter 5 V 3 A (15 W)	1	Buah	Rp 40,000	Rp 40,000	https://tokopedia.link/J4SBmjAvtNb
8	PCB Bolong	PCB titik transistor lubang bolong 16x8	2	Buah	Rp 10,000	Rp 20,000	https://tokopedia.link/vivPYpYttNb
TOTAL						Rp	1,748,500

BAB 11

TARGET KINERJA DAN HASIL

Dalam proyek ini, perumusan target kinerja dan hasil yang meliputi beberapa aspek, yakni fungsionalitas sistem, efektivitas, waktu respons, dan reliabilitas sistem. Sistem yang akan dibuat diharapkan dapat memenuhi seluruh target kinerja berikut.

11.1. Target Kinerja Sistem

1. Model *face recognition* yang dikembangkan memiliki akurasi minimal **90%** untuk wajah yang telah dikenali pada kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar yang telah ditentukan.
2. Komunikasi antara Raspberry Pi dan server lokal, termasuk pengambilan gambar, pengiriman data, pemrosesan prediksi, dan penerimaan hasil, memiliki waktu respon tidak lebih dari **3 detik**.
3. Sistem Raspberry Pi harus dapat mengirim dan menerima data dari server dengan latensi rendah, yakni tidak lebih dari **500 ms** untuk setiap transfer data.
4. Server harus tetap stabil ketika terdapat beban tinggi dari permintaan prediksi.

11.2. Target Reliabilitas Sistem

1. Sistem mampu beroperasi dengan baik selama periode **8 jam** operasi kerja tanpa mengalami gangguan.
2. Desain dan material casing 3D mampu melindungi perangkat dari debu dan benturan ringan untuk penggunaan dalam ruangan.
3. Perangkat memiliki interface yang mudah dipahami oleh pengguna awam untuk kemudahan operabilitas perangkat

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].
- [12] Z. Yang, et al., "Effectiveness of self-service technologies in restaurants: A meta-analysis," *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 159-175, 2019.
- [13] J. Chang, et al., "The role of self-service technologies in enhancing restaurant efficiency and customer satisfaction," *Journal of Foodservice Business Research*, vol. 24, no. 4, pp. 305-322, 2021.
- [14] L. A. Bettencourt, et al., "Self-service technology and its effectiveness in improving customer satisfaction in the foodservice industry," *Service Science*, vol. 11, no. 1, pp. 87-101, 2019.
- [15] H. Wang and Y. Yu, "Face recognition systems for educational applications: Benefits and challenges," *International Journal of Educational Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 223-234, 2021.

LAMPIRAN

Linimasa Proyek

