

**SISTEM IDENTIFIKASI UNTUK TERMINAL TRANSAKSI  
BERBASIS PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN  
*MACHINE LEARNING* DAN *DEEP LEARNING***

*Identification System For Transaction Terminal Based On Face  
Recognition Using Machine Learning And Deep Learning*

**AHMAD MARUF FIRMAN  
D082202003**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA  
DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**PENGAJUAN TESIS**

**SISTEM IDENTIFIKASI UNTUK TERMINAL TRANSAKSI  
BERBASIS PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN  
MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister  
Program Studi Teknik Informatika

Disusun dan diajukan oleh:

ttd

**AHMAD MARUF FIRMAN  
D082202003**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

## TESIS

# SISTEM IDENTIFIKASI UNTUK TERMINAL TRANSAKSI BERBASIS PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING

**AHMAD MARUF FIRMAN**  
**D082202003**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 6 Desember 2023  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



**Dr.Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.**  
NIP. 19640427 198910 1 002

Pembimbing Pendamping



**Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T., M.InfoTech.**  
NIP. 19730922 199903 1 001

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, M.T., IPM., ASEAN.Eng.**  
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi  
S2 Teknik Informatika



**Dr.Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.**  
NIP. 19640427 198910 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Maruf Firman

Nomor Mahasiswa : D082202003

Program Studi : Magister Teknik Informatika

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis yang berjudul “ Sistem Identifikasi Untuk Terminal Transaksi Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan *Machine Learning* dan *Deep Learning*” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc dan Dr.Eng. Ir. Muhammad Niswar, S.T., M.InfoTech.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini akan dipublikasikan di Jurnal/Prosiding (International Conference on Mathematics, Statistics, and Their Applications. (ICMSA 2023)) sebagai artikel dengan judul “*Performance Analysis Of Face Recognition Using Machine Learning And Modified Deep Learning Methods*”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 11 Januari 2024

Yang Menyatakan,



Ahmad Maruf Firman

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil alamin, segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Taala Yang Maha Sempurna, yang telah memberikan rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**Sistem Identifikasi Untuk Terminal Transaksi Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Machine Learning Dan Deep Learning**”. Tak lupa pula shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad Shalallaahu Alaihi Wasallam yang telah menyinari dunia ini dengan keindahan ilmu dan akhlak yang diajarkan kepada seluruh umatnya.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada Program Pascasarjana Departemen Teknik Informatika. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan tesis ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan tesis. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Taala Yang Maha Sempurna atas semua berkah, karunia, serta pertolongan-Nya yang diberikan kepada penulis disetiap langkah dalam pembuatan program hingga penulisan laporan tesis ini.
2. Kedua Orang tua penulis, Bapak Dr. Pirman., M.Si dan Ibu Dra. Hj. Suati yang selalu menjadi motivasi terbesar dalam penyelesaian perkuliahan ini yang tidak pernah putus memberikan doa, dukungan, dan semangat serta selalu sabar dalam mendidik penulis sejak kecil.
3. Saudara penulis, Arie Prasetyo Ramadhan, S.ST, Dina Diyanah Firman, S.ST.,Ak dan Fauziah Rachmawati Firman, S.E yang dengan sangat sabar mendukung dan memberikan semangat kepada penulis selama penyusunan tesis.
4. Awwaliyah Firdaus yang telah membantu dan memberikan motivasi terhadap saya supaya selalu giat untuk mengerjakan dan menuntaskan penelitian ini.
5. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Niswar, ST., M.IT. selaku Pembimbing II yang telah memberikan waktu, tenaga, pikiran, dukungan moril maupun materil serta perhatian yang luar biasa untuk mengarahkan penulis dalam pengerjaan program dan penyusunan tesis.

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu Amirullah. M.T., M.Bus.Sys., IPM. , Bapak Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT., dan Bapak Dr. Eng. Ady Wahyudi Paundu, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga laporan tesis ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan dukungan selama masa perkuliahan penulis.
8. Para sahabat, saudara, dan rekan-rekan di Laboratorium Computer Based System Pascasarjana UNHAS yang telah memberikan begitu banyak bantuan, keceriaan dan dukungan selama proses perkuliahan.
9. Ibu Yuanita serta segenap Staff Departemen Magister Teknik Informatika yang telah banyak membantu penulis selama pengurusan administrasi.
10. *Last but not least, I wanna thank me I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting.*

Penulis menyadari bahwa tesis masih jauh dari kata sempurna dan di dalam penyelesaiannya masih menemui kesulitan dan hambatan, sehingga penulis tetap mengharapkan saran dan kritik untuk pengembangan lebih lanjut, agar dapat memberikan manfaat yang banyak bagi semua pembaca.

Wassalam

Gowa, 11 Januari 2023

Ahmad Maruf Firman

## ABSTRAK

**AHMAD MARUF FIRMAN.** *Sistem Identifikasi Untuk Terminal Transaksi Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Machine Learning dan Deep Learning.* (dibimbing oleh Zahir Zainuddin, dan Muhammad Niswar).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji tiga arsitektur terminal yang berbeda untuk proses identifikasi wajah sehingga menghasilkan sistem yang efektif dan dapat diakses menggunakan jumlah data besar. Terdapat 2 metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu Machine Learning dan Deep Learning. Pertama wajah dideteksi menggunakan metode Viola-Jones, ekstraksi fitur menggunakan Local Binary Pattern Histogram, klasifikasi menggunakan Euclidean Distance dan percobaan menggunakan metode Convolutional Neural Network untuk keseluruhan proses pada sistem. Penelitian ini menggunakan 50.560 citra sampel dari 2.528 orang sebagai data pelatihan, dengan setiap individu diwakili oleh 20 gambar. Arsitektur 1 menggunakan mata sebagai variabel utama, Arsitektur 2 menggunakan seluruh bagian wajah sebagai variabel utama, dan Arsitektur 3 menggunakan wajah sebagai variabel utama dengan proses training data langsung di terminal. Waktu yang dibutuhkan untuk proses identifikasi metode Machine Learning adalah arsitektur 1 : 1,07 detik, arsitektur 2 : 0,82 detik, dan arsitektur 3 : 0,83 detik. Sedangkan metode Deep Learning membutuhkan waktu arsitektur 1 : 1,17 detik, arsitektur 2 : 0,81 detik, dan arsitektur 3 : 0,88 detik. Hasil eksperimen dengan metode Machine Learning menghasilkan akurasi sebesar 86,4%, sementara metode Deep Learning mencapai akurasi sebesar 94,6%.

Kata Kunci: *Pengenalan wajah, Viola-Jones, Local Binary Pattern Histogram, Euclidean Distance, Convolutional Neural Network.*

## ABSTRACT

AHMAD MARUF FIRMAN. *Identification System For Transaction Terminal Based On Face Recognition Using Machine Learning And Deep Learning.* (Supervised by Zahir Zainuddin, and Muhammad Niswar).

This research aims to design and test three different terminal architectures for face identification processes, resulting in an effective system that can handle large amounts of data. Two methods were employed in this study: Machine Learning and Deep Learning. Firstly, faces were detected using the Viola-Jones method, feature extraction was performed using Local Binary Pattern Histogram, classification was conducted using Euclidean Distance and experiments were conducted using Convolutional Neural Network method for entire system process. The research utilized 50,560 image samples from 2,528 individuals as training data, with each individual represented by 20 images. Architecture 1 employed the eyes as main variable, Architecture 2 utilized the entire face, and Architecture 3 focused on face as the main variable with direct training data processing on the terminal. The processing time for face identification using the Machine Learning method Architecture 1 : 1.07 seconds, Architecture 2 : 0.8 2 seconds, and Architecture 3 : 0.83 seconds. While Deep Learning method required the following processing times Architecture 1 : 1.17 seconds, Architecture 2 : 0.81 seconds, and Architecture 3 : 0.88 seconds. The experimental results using Machine Learning method resulting an accuracy of 86.4%, while the Deep Learning method achieved an accuracy of 94.6%.

Keywords: Face recognition, Viola-Jones, Local Binary Pattern Histogram,  
Euclidean Distance, Convolutional Neural Network

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PENGAJUAN TESIS</b> .....	ii
<b>PERSETUJUAN TESIS</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Landasan Teori .....	8
2.1.1 Tinjauan jurnal penelitian .....	8
2.1.2 Pengenalan Wajah ( <i>Face Recognition</i> ).....	8
2.1.3 Pendeteksian Wajah ( <i>Face Detection</i> ).....	10
2.1.4 Citra skala keabuan ( <i>Grayscale</i> ).....	10
2.1.5 Ekstraksi fitur atau ciri ( <i>Feature extraction</i> ).....	11
2.1.6 Haar cascade classifier.....	12

2.1.7	Convolutional neural networks .....	13
2.1.8	Local binary pattern histogram (LBPH).....	14
2.1.9	K-nearest neighbor .....	15
2.1.10	Euclidean distance .....	16
2.1.11	Multi-user system .....	17
2.1.12	Edge computing.....	17
2.2	<i>State of The Art</i> .....	19
2.3	Metode Yang Diusulkan .....	27
2.4	Kerangka Pikir.....	28
2.5	Penelitian Terkait.....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>34</b>
3.1	Rancangan Penelitian.....	34
3.2	Waktu Dan Lokasi Penelitian .....	34
3.3	Perangkat Penelitian .....	35
3.4	Tahapan Penelitian.....	36
3.5	Rancangan Sistem.....	37
3.5.1	Activity diagram dan Arsitektur sistem .....	37
3.5.2	Block Diagram Sistem.....	45
3.6	Teknik Pengambilan Data.....	50
3.7	Sampel Data.....	51
3.8	Teknik Evaluasi Kinerja Sistem.....	52
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>53</b>
4.1	Dataset Dan Data uji .....	53
4.2	Pengujian Sistem .....	56
4.2.1	Pengujian pendeteksian citra wajah .....	56
4.2.2	Pengujian pre-processing citra wajah.....	59
4.2.3	Pengujian ekstraksi fitur metode LBP.....	61
4.2.4	Pengenalan wajah algoritma K-nearest neighbor .....	65

4.2.5	Pengenalan wajah algoritma Convolutional neural network .....	66
4.2.6	Pengujian performa pelatihan model dataset.....	71
4.3	Pengujian proses pelatihan dependent dan independent.....	73
4.4	Pengujian proses retrieval sistem .....	76
4.5	Database dan User interface (Website) .....	78
4.6	Analisis Pengujian Kinerja Sistem.....	82
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>91</b>
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran.....	92
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>93</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>95</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Analisis Sistem Transaksi.....	2
<b>Tabel 2.</b> State of the art penelitian .....	19
<b>Tabel 3.</b> Penelitian terkait (Arsitektur dan metode) .....	29
<b>Tabel 4.</b> Waktu dan lokasi penelitian.....	35
<b>Tabel 5.</b> Pendeteksian mata .....	59
<b>Tabel 6.</b> Tahap pre processing .....	59
<b>Tabel 7.</b> Ekstraksi fitur metode LBP .....	61
<b>Tabel 8.</b> Hasil nilai euclidean distance .....	65
<b>Tabel 9.</b> Normalisasi citra (Pre-processing).....	69
<b>Tabel 10.</b> Pelatihan dataset wajah.....	71
<b>Tabel 11.</b> Pelatihan dataset mata .....	72
<b>Tabel 12.</b> Hasil pengujian.....	76
<b>Tabel 13.</b> Waktu pengenalan wajah skenario 1 (Machine learning) .....	82
<b>Tabel 14.</b> Waktu pengenalan wajah skenario 2 (Machine learning) .....	83
<b>Tabel 15.</b> Waktu pengenalan wajah skenario 3 (Machine learning) .....	84
<b>Tabel 16.</b> Waktu pengenalan wajah skenario 1 (Deep learning).....	85
<b>Tabel 17.</b> Waktu pengenalan wajah skenario 2 (Deep Learning).....	86
<b>Tabel 18.</b> Waktu pengenalan wajah skenario 3 (Deep Learning).....	87

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Proses pengenalan wajah .....	9
<b>Gambar 2.</b> Pendeteksian wajah.....	10
<b>Gambar 3.</b> Citra keabuan .....	11
<b>Gambar 4.</b> Citra hollistic features .....	12
<b>Gambar 5.</b> Citra feature based .....	12
<b>Gambar 6.</b> Arsitektur CNN (VGG-16) .....	13
<b>Gambar 7.</b> Proses LBPH.....	14
<b>Gambar 8.</b> Skema multi-user system .....	17
<b>Gambar 9.</b> Proses dan aplikasi edge computing.....	18
<b>Gambar 10.</b> Kerangka pikir penelitian.....	28
<b>Gambar 11.</b> Tahapan penelitian .....	36
<b>Gambar 12.</b> Activity diagram skenario 1 .....	38
<b>Gambar 13.</b> Arsitektur skenario 1 .....	39
<b>Gambar 14.</b> Activity diagram skenario 2 .....	40
<b>Gambar 15.</b> Arsitektur skenario 2.....	41
<b>Gambar 16.</b> Activity diagram skenario 3 .....	43
<b>Gambar 17.</b> Arsitektur skenario 3.....	44
<b>Gambar 18.</b> Block diagram sistem.....	45
<b>Gambar 19.</b> Alur proses pengenalan wajah.....	47
<b>Gambar 20.</b> Block diagram proses server .....	47
<b>Gambar 21.</b> Contoh hasil data training .....	49
<b>Gambar 22.</b> Rancangan database sistem.....	50
<b>Gambar 23.</b> Ilustrasi percobaan sistem .....	53
<b>Gambar 24.</b> Dataset wajah dan mata (Primary dataset) .....	54
<b>Gambar 25.</b> Dataset wajah (Primary dataset).....	54
<b>Gambar 26.</b> Dataset mata (Primary dataset) .....	55
<b>Gambar 27.</b> Dataset mata (secondary dataset) .....	56
<b>Gambar 28.</b> Pendeteksian wajah (Algoritma CNN).....	56
<b>Gambar 29.</b> Pendeteksian wajah (Viola jones) .....	57
<b>Gambar 30.</b> Pendeteksian wajah (HoG).....	57
<b>Gambar 31.</b> Pendeteksian multi wajah (CNN).....	57

<b>Gambar 32.</b> Pendeteksian multi wajah (Viola jones) .....	58
<b>Gambar 33.</b> Pendeteksian multi wajah (HoG) .....	58
<b>Gambar 34.</b> Face detection dan pre processing .....	60
<b>Gambar 35.</b> Visualisasi data local binary pattern histogram .....	62
<b>Gambar 36.</b> LBPH dan Euclidean distance .....	63
<b>Gambar 37.</b> Output ekstraksi fitur LBPH .....	64
<b>Gambar 38.</b> Citra wajah yang berhasil dikenali .....	66
<b>Gambar 39.</b> Membaca dataset .....	67
<b>Gambar 40.</b> Pendeteksian wajah dan pre-processing .....	68
<b>Gambar 41.</b> Membuat model arsitektur (VGG-16) .....	69
<b>Gambar 42.</b> Output ekstraksi fitur .....	70
<b>Gambar 43.</b> Citra wajah yang dikenali .....	71
<b>Gambar 44.</b> Flowchart training independent .....	73
<b>Gambar 45.</b> Proses training independent .....	74
<b>Gambar 46.</b> Data training independent .....	75
<b>Gambar 47.</b> Data training dependent .....	76
<b>Gambar 48.</b> Proses retrieval .....	77
<b>Gambar 49.</b> Database MySQL .....	78
<b>Gambar 50.</b> Tampilan website (Homepage) .....	79
<b>Gambar 51.</b> Tampilan website (Add student page) .....	79
<b>Gambar 52.</b> Tampilan website (Training data) .....	80
<b>Gambar 53.</b> Tampilan website (Face recognition page) .....	81
<b>Gambar 54.</b> Waktu respons pengenalan wajah .....	87
<b>Gambar 55.</b> Confusion matrix dataset primer .....	88
<b>Gambar 56.</b> Confusion matrix dataset sekunder .....	89
<b>Gambar 57.</b> Akurasi hasil pengujian .....	90

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor	Halaman
<b>Lampiran 1. LFW Dataset .....</b>	<b>95</b>
<b>Lampiran 2. Source Code Web Application .....</b>	<b>96</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi memberi dampak positif sehingga muncul inovasi baru yang mempermudah dan mempercepat pekerjaan manusia. Walaupun teknologi informasi sudah berkembang begitu pesat, namun saat ini masih sering dijumpai berbagai permasalahan di publik terutama dalam melakukan berbagai macam transaksi, baik pembayaran maupun pembelian, proses transaksi tersebut masih kurang baik karena masih adanya antrean panjang dan pelayanan yang begitu lama sehingga pada zaman sekarang ini proses transaksi dilakukan secara manual misalnya transaksi di supermarket, transaksi di ATM menggunakan kartu ATM, presensi mahasiswa menggunakan sidik jari dan lain-lain.

Saat ini terdapat banyak sistem *RFID* yang merupakan teknologi penangkapan data secara elektronik untuk mengidentifikasi, melacak dan menyimpan informasi secara otomatis yang tersimpan dalam tag dengan menggunakan gelombang radio (Zhong, R.Y *et al*, 2017). Sistem transaksi yang telah berkembang masih kurang efektif, karena terkadang masyarakat banyak yang lupa membawa kartu, membeli kartu harian ataupun tiket manual. *Face recognition payment* merupakan *contactless payment* yang dapat meminimalisir kontak fisik sehingga dapat terhindar dari virus. Dengan memanfaatkan metode ini, tidak perlu membawa smartphone maupun kartu fisik untuk melakukan proses transaksi karena proses akan menjadi lebih mudah dilakukan hanya dengan melakukan scan pada bagian wajah (M.I Nasution dkk, 2020).

John Miller CEO Cali Group yang telah melakukan uji coba dalam menerapkan sistem transaksi pembayaran menggunakan wajah yang dapat menyelesaikan masalah antrean yang lambat dan pembayaran menggunakan kartu kredit. Produk ini juga mulai menyebar dengan cepat ketika ada pandemi virus corona. Dalam sistem transaksi, keamanan merupakan salah satu aspek yang penting. Para pengguna mengkhawatirkan tentang keamanan data pribadi dan uang mereka, dimana seharusnya keamanan lebih terjamin karena fitur pada wajah tiap orang berbeda-beda sehingga sulit untuk dibobol (A. Aria *et al*, 2020).

**Tabel 1.** Analisis Sistem Transaksi

<b>Jenis</b>	<b>Biaya</b>	<b>Stabilitas</b>	<b>Kelemahan</b>
Manual	Rendah	Medium	Minimnya keamanan dan lama
RFID / Mobile / PIN	Rendah	Tinggi	Dapat diakses orang lain
Sidik Jari	Medium	Medium	Kotor dan basah
Iris dan Retina	Tinggi	Tinggi	Pencahayaan
Wajah	Medium	Medium	Oklusi (Kacamata dan masker)

Tabel diatas menjelaskan tentang Analisis Sistem Pembayaran berdasarkan beberapa penelitian terkait dimana proses transaksi sudah memanfaatkan teknologi dengan jenis, biaya serta manfaat dari masing-masing metode. Adapun kedepannya pada penelitian ini penulis akan berfokus dengan transaksi menggunakan sistem pengenalan wajah dimana dengan memanfaatkan teknologi ini dapat mengurangi biaya dan meningkatkan stabilitas dari sistem transaksi berbasis teknologi pengenalan wajah yang efisien dan optimal dengan jumlah data yang besar.

K.Maksyam *et al.* melakukan penelitian menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk proses ekstraksi fitur dan menggunakan *Euclidean Distance* sebagai proses klasifikasi antara citra *training* dan *testing* yang mana penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 83,36% pada percobaan penelitian ini hasil dari akurasi dari proses pengenalan wajah menurun ketika kondisi pencahayaan yang tidak menentu (K. Maksyam *et al.*, 2018).

Nisha, M *et al.* melakukan penelitian menggunakan metode *LBP* and *Nearest Neighbor* dengan jumlah citra sebanyak 400, pengujian sistem mengonfirmasikan hasil pengenalan wajah yang sebesar 92%. Dengan jumlah sample citra yang tergolong banyak, proses komputasi dari penelitian ini memiliki hasil yang tidak maksimal sehingga membutuhkan banyak waktu (Nisha M. Dutta *et al*, 2019).

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Preeti Mehta dan Dr. Pankaj Tomar membahas tentang sistem presensi berbasis pengenalan wajah dengan menggunakan Modul *Raspberry Pi 2*. Proses pengiriman video melalui jaringan lokal dengan menggunakan perangkat router. Hasil dari percobaan penelitian ini mendapatkan nilai akurasi sebesar 92% sedangkan hasil komputasi pada penelitian ini tergolong cepat disebabkan jumlah data citra keseluruhan hanya terdapat 36 sample citra (Preeti Mehta & Dr. Pankaj Tomar, 2016).

Edy Winarno et al. melakukan penelitian yaitu membangun sistem presensi berbasis pengenalan wajah. Metode ekstraksi fitur pada penelitian ini menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dan PCA. Hasil dari penelitian ini sudut dengan tingkat keberhasilan tertinggi adalah sudut  $0^\circ$  dengan persentase keberhasilan 100% dan sudut  $22,5^\circ$  dengan persentase keberhasilan 90% (Edy Winarno dkk, 2020).

Suherwin *et al.* melakukan penelitian yaitu mengukur performa sistem pengenalan wajah dengan menggunakan beberapa metode seperti *Viola Jones* untuk deteksi wajah, *Local Binary Pattern Histogram* untuk ekstraksi fitur dan *Euclidean Distance* untuk proses klasifikasi atau identifikasi data wajah. Penelitian ini setelah melakukan proses encoding data wajah, hasil dari proses ini disimpan kedalam program yang mana ketika saat proses pengenalan wajah berjalan akan menghasilkan nilai akurasi yang rendah (Suherwin *et al.*, 2020).

Beberapa kekurangan dari penelitian yang terdahulu diantaranya:

1. Tingkat hasil akurasi dari proses pengenalan wajah mengalami penurunan ketika kondisi lingkungan yang tak menentu (cahaya dan pose wajah) (Nisha, M.Dutta, 2017) (Edy Winarno, dkk, 2020).
2. Sistem pengenalan wajah dengan jumlah dataset yang besar akan mengalami kendala komputasi dan penurunan akurasi ketika hasil training data disimpan di dalam program (Suherwin, et al, 2020).
3. Sistem pengenalan wajah yang memiliki jumlah data yang besar akan mengalami peningkatan waktu komputasi pada saat proses pencarian data wajah disebabkan masih banyak yang mengadopsi *single-user* sistem (Prete Mehta & Dr. Pankaj, 2016) (Edy Winarno, dkk 2020)

Berdasarkan kelemahan dan permasalahan tersebut maka penulis mengusulkan sebuah penelitian yang akan menyumbang kontribusi serta solusi dengan merancang sebuah skenario sistem identifikasi berbasis pengenalan wajah bertujuan untuk melakukan proses pengenalan wajah yang dapat diintegrasikan dengan data profil orang yang terdeteksi sehingga bermanfaat diberbagai sektor seperti bidang kontrol akses, akademik dan lain-lain. Penelitian ini akan membangun sistem dengan biaya yang tidak besar dan meningkatkan stabilitas pengenalan wajah yang efisien dan optimal dengan jumlah data besar sehingga

kedepannya dapat melakukan evaluasi struktur organisasi komputer maupun metode dan algoritma pengenalan wajah yang pernah dilakukan. Hal ini penting mengingat bahwa sistem pengenalan wajah diperlukan suatu proses yang sangat cepat didalam pencarian data wajah sehingga diperlukan rancangan arsitektur dengan beberapa skenario untuk memudahkan proses *retrieval* pada sistem, proses tersebut dapat dilakukan dengan cara menggunakan beberapa metode *Machine Learning* dan *Deep Learning* terkait secara bertingkat untuk memperoleh hasil akurasi dan komputasi yang lebih optimal sehingga dapat digunakan dalam beberapa skenario dari arsitektur sistem yang akan dibuat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang timbul serta penjelasan singkat teori diatas, dapat diketahui rumusan masalah adalah:

1. Bagaimana rancangan sistem identifikasi berbasis pengenalan wajah dengan jumlah data yang besar serta analisis perangkat performa sistem identifikasi untuk terminal transaksi berbasis pengenalan wajah.
2. Bagaimana menguji performa tingkat akurasi dan kecepatan proses pencarian ulang data citra wajah atau mata yang tersimpan di database berdasarkan jumlah dataset yang besar
3. Bagaimana membangun Face Recognition Engine berdasarkan jumlah dataset yang besar dalam penelitian ini dengan menggunakan algoritma Machine Learning atau Deep Learning

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Merancang serta analisis model sistem identifikasi berbasis pengenalan wajah secara optimal dengan jumlah dataset yang besar.
2. Menganalisis tingkat kinerja sistem identifikasi terminal transaksi berbasis pengenalan wajah dengan jumlah dataset yang besar sehingga mendapatkan hasil akurasi yang baik.

3. Membangun Face Recognition Engine berdasarkan jumlah dataset yang besar dengan menggunakan algoritma Machine Learning atau Deep Learning sehingga mendapatkan hasil yang optimal.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi dalam sistem identifikasi berbasis pengenalan wajah yang cepat dan optimal.
2. Memberikan desain rancangan model sistem identifikasi yang optimal dan efisien dengan jumlah data yang besar.
3. Sebagai salah satu upaya pengembangan sistem Smart City terkhusus dalam bidang akademik.
4. Memberikan sumbangsih penelitian kepada para akademik atau praktisi mengenai Analisis sistem terminal berbasis pengenalan wajah di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Sistem identifikasi berbasis pengenalan wajah diuji coba di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.
2. Sistem identifikasi berbasis pengenalan wajah dapat mendeteksi wajah yang menghadap ke depan (front) dan tidak terhalangi oleh objek lain.
3. Sistem presensi pengenalan wajah ini tidak dapat mendeteksi jika wajah menggunakan masker (oklusi).

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini adalah:

##### **Bab I Pendahuluan**

Pada bab I ini berisi penjelasan tentang latar belakang yang menjabarkan alasan dilakukannya penelitian terkait estimasi harga perangkat lunak, berdasarkan

peluang penelitian dan uraian penelitian awal tentang teknologi pengenalan wajah dengan penggunaan beberapa seperti metode *machine learning* dan *deep learning* terkait rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup serta sistematika penulisan penelitian dibahas pada bagian ini. .

## **Bab II Tinjauan Pustaka**

Pada bab II ini berisi penjelasan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian meliputi pengenalan wajah, pendeteksian wajah, ekstraksi fitur atau ciri dan beberapa landasan teori lainnya seperti metode yang diusulkan.

Diuraikan pula tentang tinjauan pustaka yang merupakan penjelasan tentang hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Landasan teori merupakan suatu penjelasan tentang sumber acuan terbaru dari pustaka primer seperti buku, artikel, jurnal, prosiding dan tulisan asli lainnya untuk mengetahui perkembangan penelitian yang relevan dengan judul atau tema penelitian yang dilakukan dan juga sebagai arahan dalam memecahkan masalah yang diteliti.

Pada bab ini juga diuraikan tentang kerangka pemikiran yang merupakan penjelasan tentang kerangka berpikir untuk memecahkan masalah yang sedang diteliti, termasuk menguraikan objek penelitian serta state of the art dari beberapa penelitian terkait.

## **Bab III Metodologi Penelitian**

Pada Bab III ini merupakan penjelasan tentang tahapan penelitian dimulai bagaimana metode penelitian, penentuan masalah, penentuan pendekatan komputasi, juga penjelasan bagaimana pengembangan dan penerapan sistem objek penelitian.

Selain itu, menjelaskan proses validasi hasil penerapan sistem, metode pengumpulan data, metode analisis data, penerapan pada masalah penelitian, konstruksi sistem serta pengujian sistem.

## **Bab IV Hasil dan Pembahasan**

Pada bab IV berisi penjabaran hasil dan pembahasan penelitian berdasarkan teknik implikasi sistem yang digunakan serta penelitian yang telah dilakukan.

Pada bagian hasil ini membahas tentang data kuantitatif yang telah dikumpulkan berdasarkan ketetapan pada metodologi. Pembahasan menjabarkan proses pengolahan data citra serta interpretasinya.

Implikasi penelitian merupakan uraian penjabaran mengenai keberlanjutan penelitian yang relevan dengan aspek sistem, maupun pengembangan pada aspek penelitian. Hasil analisis pengenalan wajah dengan menggunakan wajah maupun mata yang telah dirancang dirangkum dalam bentuk tabel, dan gambar.

### **Bab V Kesimpulan dan Saran**

Pada bab V berisi kesimpulan terhadap hasil yang didapatkan dalam penelitian ini, yang merujuk pada rumusan masalah dan saran pengembangan dari penelitian ini untuk menyempurnakan kekurangan-kekurangan yang belum tercapai pada penelitian ini, sehingga kedepannya penelitian yang dilakukan dapat dikembangkan dan bisa memperoleh hasil yang jauh lebih baik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

##### **2.1.1 Tinjauan jurnal penelitian**

Tinjauan pustaka yang tertuang pada bab ini hasil dari studi pendahuluan yang telah dilaksanakan oleh penyusun, studi pendahuluan yang dilakukan adalah studi literatur dengan melaksanakan review terhadap jurnal internasional yang relevan dengan tema penelitian, mereview buku dan modul yang mendukung materi, melaksanakan browsing di internet dan juga menganalisis video yang terkait.

##### **2.1.2 Pengenalan Wajah (*Face Recognition*)**

Pengenalan wajah selalu merupakan wilayah yang menarik dan salah satu tugas yang menantang dalam visi komputer dan pengambilan gambar. Hal ini berlaku di berbagai domain seperti di ATM, sistem kesehatan, mengemudi sistem lisensi, sistem reservasi kereta api, operasi pengawasan dan otentikasi paspor. Dalam database yang besar, pengenalan wajah gambar selalu merupakan tugas yang menantang. Ada berbagai fitur biometrik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi manusia seperti sidik jari, cetak telapak, geometri tangan, iris, wajah, pidato, gaits dan tanda tangan. Tapi, masalah utama adalah mereka butuh kerjasama aktif dari orang untuk otentikasi, sedangkan pengenalan wajah tidak memerlukan kerjasama aktif dari orang. Oleh karena itu, pengenalan wajah jauh lebih nyaman dibandingkan dengan biometrik lainnya.

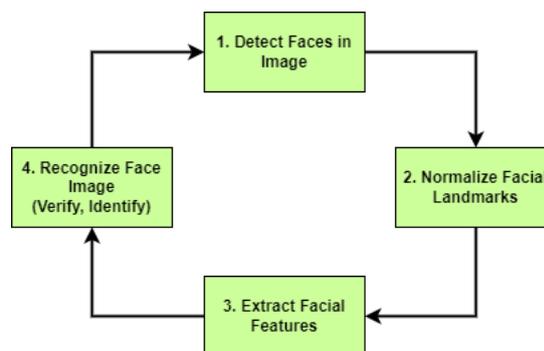
Wajah tidak hanya seperangkat fitur wajah tapi agak sesuatu yang berarti. Ini adalah identitas seseorang dan orang-orang beradaptasi dengan respon yang lebih untuk menghadapi daripada bagian tubuh lainnya dari manusia. Di antara teknik biometric yang tersedia pengenalan wajah adalah topik penelitian yang populer dengan jumlah aplikasi di beberapa daerah industri termasuk pengawasan dan keamanan, hiburan dan realitas virtual dan interaksi manusia-mesin. Dengan

munculnya dalam membuat teknologi pengolahan gambar komputer melakukan pengenalan wajah telah menjadi lebih mudah. Menjaga catatan kehadiran di lembaga pendidikan merupakan bagian penting dari meningkatkan kualitas pendidikan sebagai titik kehadiran ditambahkan pada akhir semester. Secara tradisional kehadiran ditandai secara manual oleh guru dan mereka harus memastikan kehadiran benar ditandai untuk masing-masing siswa

Metode pendeteksian wajah memakai dua prosedur, yaitu :

1. Pengenalan kontur wajah dengan mengenali bentuk hidung, mata dan mulut dan bentuk korelasi diantara keduanya. Karakteristik organ tersebut kemudian dinyatakan dalam bentuk vektor
2. Analisis komponen yang prinsipil, berdasarkan informasi dari konsep ini, mencari perhitungan model terbaik yang menjelaskan bentuk wajah dengan mengutip informasi yang paling relevan.

Citra wajah direpresentasikan sebagai sebuah susunan pixel dengan dimensi tinggi. *Face Recognition*, dan penelitian *Computer Vision* secara umum, telah mengalami peningkatan minat dalam teknik yang menerapkan aljabar dan fitur statistik untuk melakukan ekstraksi dan analisis kasus jenis ini.



**Gambar 1.** Proses pengenalan wajah

Analisa komputer untuk citra wajah dipengaruhi oleh sinyal visual (cahaya yang terpantul pada permukaan wajah) yang disimpan oleh sebuah sensor digital sebagai sebuah susunan dari nilai piksel. Nilai piksel ini menyimpan warna atau hanya intensitas cahaya. Array piksel dari citra wajah berukuran  $m \times n$  dapat disimpan dalam bentuk sebuah vektor di dalam sebuah ruang citra mendimensi dengan menulis nilai-nilai piksel-nya dalam urutan tetap (Muntasa A, 2015).

### 2.1.3 Pendeteksian Wajah (*Face Detection*)

Tahap awal dalam pengenalan wajah adalah menentukan yang mana wajah orang yang akan dikenali. Tahap ini memiliki target dapat menentukan yang mana wajah dari objek gambar yang akan dianalisis. Pada saat program dijalankan maka program akan mulai menjalankan kamera, yang dimana batas perekaman kamera meliputi objek serta lingkungan sekitar, sehingga batas komputasi yang dilakukan oleh program akan sangat besar. Oleh karena itu untuk memperkecil komputasi pada program yang berjalan maka perlu ditentukan sebuah batas perhitungan yang dimana berfungsi untuk memperkecil area perhitungan. Selain itu deteksi wajah ini juga berfungsi untuk melokalisasikan area wajah secara fleksibel sehingga bisa mendeteksi setiap inputan pada seluruh area *frame* dan menentukan apakah inputan yang masuk merupakan wajah atau bukan. Deteksi wajah tersebut bisa diamati pada contoh dibawah ini (Sutoyo dkk, 2009).



**Gambar 2.** Pendeteksian wajah

### 2.1.4 Citra skala keabuan (*Grayscale*)

Citra skala keabuan (*Grayscale*) dikatakan format citra skala keabuan karena pada umumnya warna yang dipakai adalah warna hitam sebagai warna minimum dan warna putih sebagai warna maksimalnya, sehingga warna antara ke dua warna tersebut adalah abu-abu, dimana jumlah maksimum warna sesuai dengan bit penyimpanan yang digunakan (Shih, F.Y, *et al* 2010). Transformasi citra *RGB* menjadi citra *grayscale* menggunakan persamaan 1.

$$Y = gray = 0,299 \times R + 0,587 \times G + 0,114 \times B \quad (1)$$

Intensitas dari citra *grayscale* disimpan dalam 8 bit *integer* yang memberikan 256 kemungkinan yang dimulai dari level 0 sampai dengan 255 (0 untuk hitam dan 255 untuk putih dan nilai diantaranya adalah derajat keabuan).



**Gambar 3.** Citra keabuan

Gambar 3 merupakan salah satu contoh citra keabuan dimana proses *grayscale* ini merupakan proses konversi dari citra warna menjadi citra keabuan. Proses *grayscale* bertujuan untuk mengurangi parameter yang akan digunakan untuk proses berikutnya sehingga dapat mempercepat tahapan selanjutnya.

### **2.1.5 Ekstraksi fitur atau ciri (*Feature extraction*)**

Fitur citra merupakan atribut dari suatu citra yang ditentukan oleh tampilan visual atau hasil manipulasi tertentu dari piksel citra. Ekstraksi fitur adalah prosedur menghasilkan deskripsi dari suatu obyek dalam hal parameter terukur yang mewakili sifat yang relevan dari obyek, dan dapat digunakan untuk pengelompokan dengan menetapkan objek ke kelas. Fitur citra yang digunakan untuk segmentasi adalah fitur warna dan tekstur, meskipun sifat dari fitur terpisah dimana tekstur menggunakan tingkat keabu-abuan citra, sedangkan warna mengekstraksi semua informasi pada ruang warna (Zhao., *et al* 2006).

Fitur citra merupakan atribut dari suatu citra yang ditentukan oleh tampilan visual atau hasil manipulasi tertentu dari piksel citra. Ekstraksi fitur adalah prosedur menghasilkan deskripsi dari suatu obyek dalam hal parameter terukur yang mewakili sifat yang relevan dari obyek, dan dapat digunakan untuk pengelompokan dengan menetapkan objek ke kelas. Fitur citra yang digunakan untuk segmentasi adalah fitur warna dan tekstur, meskipun sifat dari fitur terpisah dimana tekstur

menggunakan tingkat keabu-abuan citra, sedangkan warna mengekstraksi semua informasi pada ruang warna (Zhao., *et al* 2016)

### 1. *Holistic Matching Methods*

Metode ini digunakan untuk menyelesaikan kasus *holistic features* yaitu mencari informasi secara keseluruhan pada wajah.



**Gambar 4.** Citra hollistic features

### 2. *Feature Based (structural) Matching Methods*

Metode ini digunakan untuk menyelesaikan kasus *facial features* yaitu mencari informasi berdasarkan ciri yang ada pada wajah seperti hidung, mulut, mata, telinga dan lain-lain.



**Gambar 5.** Citra feature based

### 3. *Hybrid Methods*

Metode ini merupakan penggabungan dari kedua metode *holistic methods* dan *feature based*.

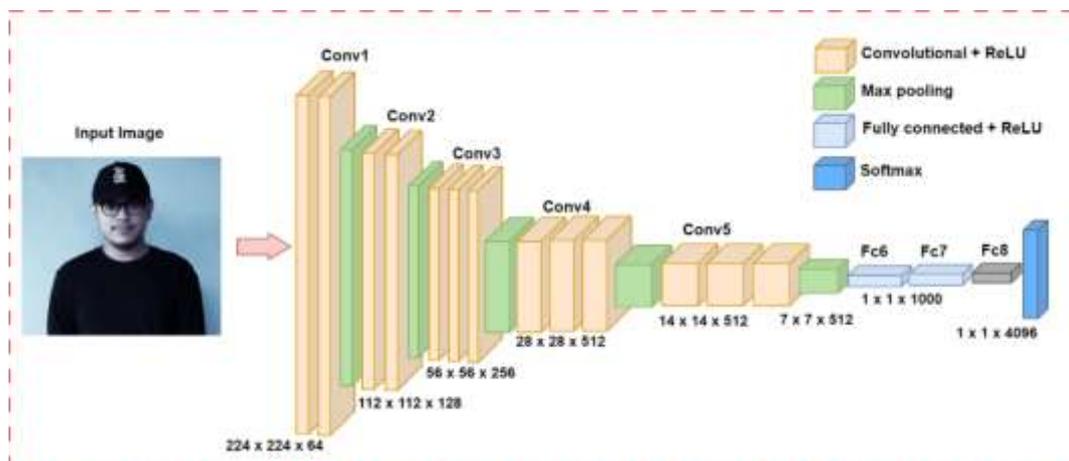
## 2.1.6 Haar cascade classifier

Proses identifikasi wajah pada penelitian ini menggunakan algoritma *Haar Cascade*. Prinsip kerja algoritma *haar cascade* yang dicetuskan oleh Viola dan Jones ini adalah dengan mengklasifikasikan objek dalam citra dengan didasarkan

pada beberapa ciri dan fitur sederhana. Ada beberapa alasan untuk menggunakan fitur-fitur tersebut daripada melakukan proses filter secara langsung. Alasan paling mendasar yaitu fitur-fitur tersebut bisa dipakai untuk mengkodekan pengetahuan *domain ad-hoc* yang kompleks pada saat proses pelatihan (*training*) terhadap data latih yang jumlahnya terbatas. Alasan lainnya adalah fitur tersebut berupa sistem fitur berdasarkan operasi sehingga jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan sistem berbasis piksel. Pemakaian fitur dipilih oleh karena pemrosesan fitur berjalan lebih cepat jika dibandingkan dengan pemrosesan digital per piksel (n) (Viola, P., & Jones, M. 2018).

### 2.1.7 Convolutional neural networks

*Convolutional Neural Networks* (CNN) merupakan salah satu teknik *Deep Learning* yang merupakan pengembangan dari *Multi Layer Perceptron* (MLP) yang dirancang untuk mengolah data dalam bentuk grid, salah satunya citra dua dimensi atau dalam lingkup visual recognition, yaitu bagaimana mesin dapat mengenali objek berupa gambar atau video seperti pada proses pengenalan wajah. *CNN* digunakan untuk mengklasifikasikan data yang telah terlabel dengan menggunakan metode *supervised learning*. Metode *supervised learning* bekerja dengan cara melatih data dan menyiapkan variable yang ditargetkan sehingga tujuan dari metode ini adalah mengelompokkan suatu data ke data yang sudah ada. *CNN* sering digunakan untuk mengenali suatu objek, dan melakukan deteksi atau segmentasi objek.



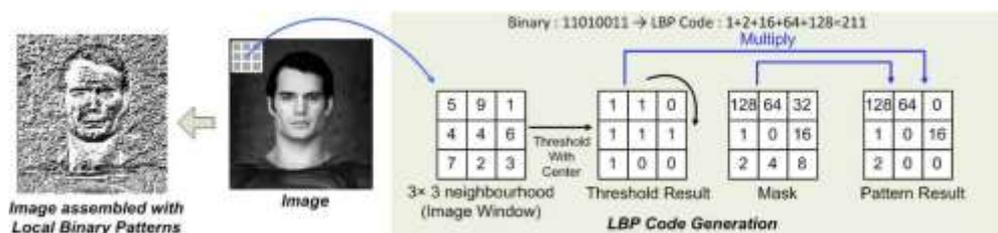
**Gambar 6.** Arsitektur CNN (VGG-16)

Arsitektur *CNN* dibagi menjadi dua bagian, yaitu *feature learning* dan *classification* (MLP) (K.O'Shea & R. Nash, 2016). Input berupa gambar masuk kedalam *CNN* yang kemudian diproses dalam *feature learning* dan hasilnya akan masuk kedalam proses klasifikasi hingga akhirnya akan memunculkan hasil prediksi.

Dalam konteks pengenalan wajah, *CNN* dapat digunakan untuk mengekstrak fitur-fitur unik dari wajah seseorang. Lapisan konvolusi pertama mungkin mengenali garis dan sudut, sementara lapisan-lapisan berikutnya dapat memahami fitur-fitur lebih kompleks seperti mata, hidung, dan mulut. Proses ini memungkinkan jaringan untuk belajar representasi yang semakin abstrak dari wajah. Pengenalan wajah dengan menggunakan *CNN* melibatkan dua tahap utama: pelatihan dan pengujian.

### 2.1.8 Local binary pattern histogram (LBPH)

Untuk proses pengenalan wajah digunakan algoritma *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH). Proses pengenalan wajah merupakan proses lanjutan dari 3 0 2 0 2 6 11 pendeteksian wajah. Foto yang sudah di training akan dicocokkan dengan input gambar. Cara kerja algoritma *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH) dalam mencocokkan gambar adalah dengan membandingkan nilai pixel pada pusat citra dengan 8 nilai pixel di sekelilingnya. Jika nilai pixel di sekelilingnya lebih besar atau sama dengan nilai pixel di pusat citra, maka nilai pixel di sekelilingnya akan bernilai 1. Tetapi jika nilai pixel di sekelilingnya lebih kecil daripada nilai pixel di pusat citra, maka nilai pixel di sekelilingnya akan bernilai 0. Setelah itu, nilai 0 dan 1 (8 nilai biner) akan disusun searah jarum jam, nilai-nilai ini disebut sebagai threshold. Dari susunan 8 nilai biner tersebut, akan dikonversi menjadi nilai desimal.<sup>9</sup> Dengan membandingkan nilai pixel pada pusat citra dengan 8 nilai pixel disekelilingnya, didapat nilai desimalnya (nilai threshold) (Aftab., et al, 2018).



Gambar 7. Proses LBPH

Dengan cara ini, 8 poin di lingkungan 3\*3 adalah di bandingkan dengan menghasilkan angka biner 8-bit mengubahnya menjadi angka desimal, nilai *LBP* dari titik piksel tengah jendela di peroleh, di gunakan unutm menampilkan fitur tekstur daerah. Dalam konteks pengenalan wajah, LBPH dapat diterapkan dengan menggambarkan tekstur lokal pada bagian wajah, seperti kulit, mata, hidung, dan mulut. Histogram LBPH dari gambar wajah dapat digunakan sebagai representasi fitur wajah tersebut. Kelebihan LBPH termasuk kemampuannya dalam menangkap fitur tekstur yang penting dan ketahanannya terhadap perubahan cahaya.

### 2.1.9 K-nearest neighbor

Algoritma *K-Nearest Neighbor* merupakan teknik atau metode untuk melakukan klasifikasi terhadap object melalui data training dengan menggunakan jarak yaitu jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. *K-NN* merupakan metode yang bersifat supervised dimana hasil dari *query instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas kategori pada *K-NN*. *K-NN* digunakan pada fase klasifikasi dimana fitur – fitur yang telah melalui tahap sebelumnya. Kemudian fitur yang sama tersebut selanjutnya akan dihitung sebagai testing data. Dari perhitungan akan menghasilkan jarak, kemudian jarak dari vector yang baru ini akan dihitung terhadap seluruh vector sampel yang ada kemudian akan diambil k yang terdekat.

Dengan ini titik yang baru tersebut akan dapat diprediksi termasuk klasifikasi terbanyak dari titik – titik tersebut. *KNN* digunakan pada fase klasifikasi dimana fitur – fitur yang telah melalui tahap sebelumnya. Fitur – fitur yang sama kemudian akan dihitung untuk testing data. Jarak dari *vector* yang baru ini akan dihitung terhadap seluruh vector sampel yang ada kemudian akan diambil k yang terdekat (Edy Winarno, dkk, 2020). Dengan ini titik yang baru tersebut akan dapat diprediksi termasuk klasifikasi terbanyak dari titik – titik tersebut (M.A. Naufal, dkk, 2016). Untuk mengklasifikasikan jarak antara data training dan data testing dapat menggunakan rumus *Euclidean Distance* sebagai berikut :

$$d(p, q) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \dots + (q_n - p_n)^2} \quad (1)$$

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2} \quad (2)$$

Dimana:

N = Jumlah Dimensi

Q = Data Training

P = Data Testing

### 2.1.10 Euclidean distance

Jarak euclidean adalah perhitungan jarak dari dua buah titik dalam *Euclidean Space*, diperkenalkan oleh seorang matematikawan dari Yunani. Untuk mempelajari hubungan antara sudut dan jarak *Euclidean* ini biasanya diterapkan pada dua dimensi dan tiga dimensi. Jarak euclidean merupakan jarak yang paling umum yang digunakan untuk data numerik, untuk dua titik data x dan y dalam ruang d-dimensi (L. Tommy & Y. Setiawan, 2017). Bentuk umum euclidean distance (d) dapat diperoleh dengan:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \quad (2)$$

$$d(x, y) = \sqrt{(y_1 - x_1)^2 + (y_2 - x_2)^2 + \dots + (y_n - x_n)^2} \quad (3)$$

Bentuk persamaan lainnya yaitu:

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{hist1}_i - \text{hist2}_i)^2} \quad (4)$$

Dimana :

d = jarak euclidean obyek data ke-i dan obyek data ke-j

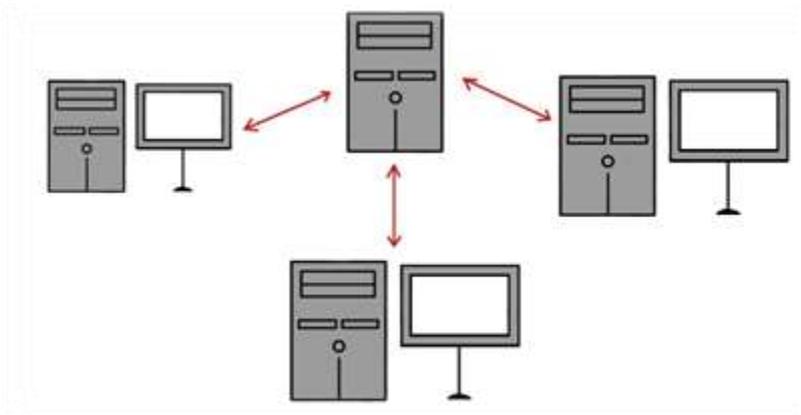
n = banyaknya peubah/ parameter yang digunakan

hist1i = obyek data ke-i

hist2i = obyek data2 ke-i

### 2.1.11 Multi-user system

Dalam sebuah komputer, sistem operasi merupakan program utama yang menghubungkan antara *software* dengan *hardware*. Berdasarkan dari jumlah penggunanya, sistem operasi dibedakan menjadi sistem operasi single user dan sistem operasi *multi-user*. Sistem operasi *multi-user* yaitu sebuah sistem di mana lebih dari satu pengguna menggunakan secara bersama satu atau lebih perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan data atau informasi, orang dan prosedur melalui *workstation* atau masing-masing komputer. Biasanya para pengguna akan berada di terminal atau komputer yang memberikan sebuah akses ke sistem melalui jaringan dan mesin lain pada sistem seperti *smartphone*.



**Gambar 8.** Skema multi-user system

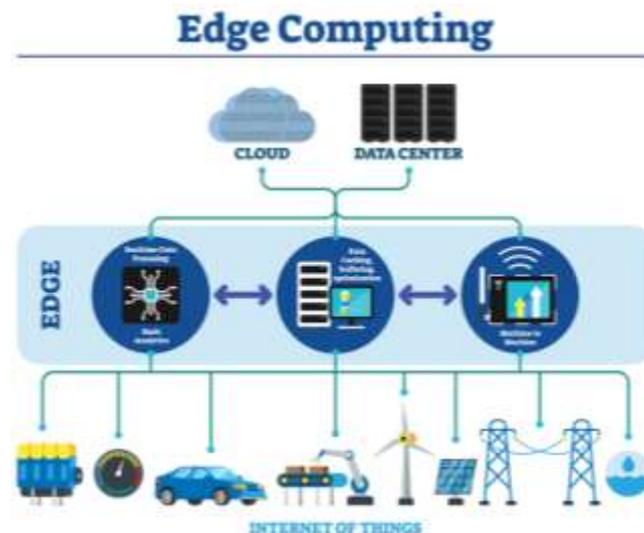
Sistem operasi multi-user sangatlah berbeda dengan sistem operasi *single user*, di mana setiap pengguna bisa mengakses sistem operasi yang sama pada mesin yang berbeda. Sistem operasi *multi-user* memungkinkan lebih dari satu pengguna mengakses sistem komputer pada waktu yang bersamaan. Dimana akses komputer umumnya melalui jaringan, sehingga para user dapat mengakses komputer dari jarak jauh menggunakan terminal atau komputer lain.

### 2.1.12 Edge computing

*Edge Computing* pada dasarnya mengacu pada proses data yang dikumpulkan, disimpan, dan dianalisis di 'edge' jaringan tempat data asli dihasilkan. Berbeda dengan metode data berbasis *cloud* yang dikumpulkan, disimpan, dan dianalisis di server atau pusat data terpusat. Meskipun *edge computing* tidak menjadi frase yang umum digunakan saat ini, itu akan menjadi

bagian sentral dari lanskap teknologi selama beberapa tahun ke depan. Ini adalah hasil dari banyaknya data yang sedang diproses, sebagian besar melalui peningkatan penggunaan perangkat *Internet of Things* (IoT), yang akan ada lebih dari 50 miliar digunakan pada tahun 2020.

Sebagai akibatnya, ada meningkatnya kebutuhan akan daya komputasi yang lebih besar dan penyimpanan data yang lebih banyak; ini pada gilirannya mendorong kebutuhan perusahaan untuk berinvestasi di pusat data atau situs komputasi 'edge'. Pusat data ini akan memiliki sedikit kemiripan fisik dengan pusat data besar dan terpusat yang kita lihat dalam lingkungan perusahaan yang khas. Mereka memiliki kemampuan untuk dikelola dan otomatis dari jarak jauh, karena kemungkinan mereka berada di situs dengan sedikit, atau tidak ada teknisi IT.



**Gambar 9.** Proses dan aplikasi edge computing

Penerapan edge computing pada pengenalan wajah dapat meningkatkan kinerja, privasi, dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Hal ini cocok untuk aplikasi di mana kecepatan, respons cepat, dan keamanan data sangat penting, seperti sistem keamanan pintu masuk atau pengenalan wajah di perangkat pintar maupun sistem pengenalan wajah yang diterapkan di bidang akademik seperti presensi mahasiswa

## 2.2 State of The Art

Tabel 2. State of the art penelitian

No	Judul, Nama, Tahun, Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <, =, >
1.	<p><b>Judul (yang diusulkan):</b> Arsitektur Terminal Transaksi Berbasis Sistem Pengenalan Wajah</p> <p><b>Penulis :</b> Ahmad Maruf Firman</p>	<p><b>Objek :</b> Perancangan sistem arsitektur terminal berbasis sistem pengenalan wajah.</p> <p><b>Permasalahan:</b> Bagaimana merancang arsitektur sistem identifikasi terminal transaksi berbasis pengenalan wajah yang optimal dan efisien dengan proses komputasi yang cepat.</p>	<p>Menggunakan metode <i>Local Binary Pattern Histogram</i> untuk proses ekstraksi fitur citra dan <i>Euclidean Distance</i> untuk proses klasifikasi citra.</p>	<p>Kinerja dari topik yang diusulkan diharapkan mampu menghasilkan rancangan arsitektur terminal berbasis pengenalan wajah dengan tingkat performa komputasi yang cepat dengan jumlah dataset yang besar.</p>	
2.	<p><b>Judul :</b> Development of Real-time Face Recognition System Using Local Binary Patterns.</p> <p><b>Penulis :</b> Maksym Kovalchuk, et al.</p> <p><b>Tahun:</b> 2018</p> <p><b>Penerbit :</b> ScienceDirect</p>	<p><b>Objek :</b> Melakukan analisa video real time dengan menggunakan metode LBP</p> <p><b>Permasalahan:</b> Kondisi variable untuk memvisualisasikan wajah seperti pencahayaan, posisi kepala terhadap kamera serta ekspresi wajah yang tak menentu.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan <i>LBP Transformation</i> dan <i>Nearest Neighbor</i> untuk proses ekstraksi fitur dan proses klasifikasi.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan dataset dari : Cambridge: 400 images/40 person dan Yale : 2470 images/38 person. Dengan rata-rata hasil akurasi dari kedua dataset memperoleh nilai 90% FERET memperoleh 94.5%</p>	=

3.	<p><b>Judul :</b> Improving the Recognition of Faces using LBP and SVM Optimized by PSO Technique.</p> <p><b>Penulis :</b> Nisha, et al.</p> <p><b>Tahun :</b> 2018</p> <p><b>Penerbit :</b> IJEDR</p>	<p><b>Objek:</b> Pengenalan wajah dengan pengembangan algoritma PSO</p> <p><b>Permasalahan:</b> Bagaimana meningkatkan performa efisiensi dari sistem pengenalan wajah dengan metode yang digunakan</p>	<p>Dalam penelitian ini, fitur dioptimalkan dengan menggunakan hasil optimasi algoritma <i>PSO</i> dalam peningkatan performa pengenalan wajah. Pada proses ekstraksi fitur penelitian ini melakukan percobaan dengan menggunakan metode <i>PCA</i> dan <i>LBP</i> sedangkan proses klasifikasi penelitian ini menggunakan metode <i>SVM</i>.</p>	<p>Dataset yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data dari <i>Faces94</i> dengan jumlah 40 data citra. Pada proses percobaan dilakukan 3 percobaan pada pengenalan wajah</p> <p>Percobaan 1. <i>PCA+SVM</i> menghasilkan rate 89%</p> <p>Percobaan 2. <i>LBP+SVM</i> menghasilkan rate 94%</p> <p>Percobaan 3. <i>LBP+SVM+PSO</i> menghasilkan rate 96%</p>	=
4.	<p><b>Judul :</b> Local Binary Pattern Orientation Based Face Recognition.</p> <p><b>Penulis :</b> Yi Kang Shen, et al.</p> <p><b>Tahun :</b> 2016</p> <p><b>Penerbit :</b> IEEE</p>	<p><b>Objek :</b> Meggunaan 3 metode pada saat percobaan pengenalan wajah dengan melakukan kombinasi metode LBP dan SIFT</p> <p><b>Permasalahan:</b> Pada melakukan proses pengenalan pola wajah terdapat kendala ketika terjadi perubahan skala dan rotasi citra sehingga membutuhkan waktu komputasi yang lama</p>	<p>Penelitian ini mengkombinasikan metode <i>LBP</i> dan <i>SIFT</i> untuk meningkatkan proses pengenalan wajah dengan cara membatasi jumlah interest point. Penelitian ini juga menggunakan <i>region of interest (ROI)</i> untuk menghilangkan interest point yang tidak berguna untuk menghemat waktu komputasi.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan dataset dari FERET dengan jumlah 1196 images. Dengan hasil eksperimen sistem yang menggunakan metode <i>LBP</i> Orientation yang dikombinasikan dengan ROI dapat memperoleh hasil akurasi 95% dan proses komputasi menjadi 58% lebih cepat</p>	=
5.	<p><b>Judul :</b> LBPH-based Enhanced Real-</p>	<p><b>Objek :</b> Proses pengenalan wajah dengan cara real time pada saat</p>	<p>Pada penelitian ini, penulis mengembangkan sistem pengenalan</p>	<p>Pada penelitian ini menggunakan kamera <i>Surveillance</i> dengan jarak kamera</p>	=

Time Face Recognition	melakukan percobaan sistem.	wajah menggunakan metode <i>Local Binary Pattern Histogram</i> untuk melakukan proses pengenalan wajah pada citra <i>low and high</i> .	500cm jumlah dataset 1000 images. Dengan hasil performa akurasi sebesar 80%
<b>Penulis :</b> Farah Deebea, et al.	<b>Permasalahan:</b> Proses pengenalan wajah akan terkendala ketika terdapat oklusi seperti penggunaan aksesoris (kacamata, masker dll)		
<b>Tahun :</b> 2019			
<b>Penerbit :</b> IJACSA			
6. <b>Judul :</b> Facial Recognition using Histogram of Gradients and Support Vector Machine.	<b>Objek :</b> Penelitian melakukan apakah mengenali data masukan wajah yang diberikan sesuai dengan orang yang terdaftar didatabase menggunakan Metode HOG dan SVM	Pada proses masukan wajah, yang total 410 citra. Proses ekstraksi fitur wajah di training dengan dataset T yang berjumlah 369 citra. Proses training menggunakan <i>HOG</i> deskriptor. Lalu proses testing ambil citra dari dataset Te. Lalu ekstrak fitur menggunakan <i>HOG</i> untuk proses klasifikasi menggunakan <i>SVM</i> untuk pencocokan citra training dan testing.	Penelitian ini memiliki data pada kondisi <i>illumination invariant</i> dimana jumlah dataset dari AT & T 410 images/40 person. Dengan tingkat akurasi 90%
<b>Penulis :</b> J Kulanda, et al.	<b>Permasalahan:</b> Dengan penambahan objek baru yang belum terdapat didatabase, proses pencarian fitur vektor akan memakan waktu yang cukup lama		<
<b>Tahun :</b> 2017			
<b>Penerbit :</b> IEEE			

7.	<b>Judul :</b> Facial Recognition Based on DWT – HOG – PCA Features with MLP Classifier	<b>Objek :</b> Objek dari penelitian ini menggunakan 2 sumber dimana akan melakukan pengukuran performa ketika melakukan ekstraksi fitur wajah.	Penelitian ini menggunakan metode <i>HOG</i> untuk ekstraksi fitur yang diterapkan pada wajah setelah dilakukan konversi citra menggunakan <i>DWT</i> dan pengurangan vektor dengan bantuan <i>PCA</i> . Untuk proses klasifikasi wajah menggunakan <i>MLP</i>	Terdapat 2 sumber dataset yang digunakan penelitian ini. ORL dataset dengan 400 facial images/40 person. Dan FERET dataset 912 facial images/142 person. Dengan proses hasil penelitian kedua dataset ORL memperoleh tingkat akurasi 99%	=
	<b>Penulis :</b> Morooj K. Luaibi, et al.	<b>Permasalahan:</b> Pada sistem pengenalan wajah sering mendapatkan hambatan ketika posisi wajah dan pencahayaan yang tidak menentu.			
	<b>Tahun :</b> 2019				
	<b>Penerbit :</b> Science Direct				
8.	<b>Judul :</b> Face Recognition Prototype using Principal Component Analysis and Euclidean Distance	<b>Objek:</b> Citra wajah yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 30 yang berasal dari 15 individu berbeda, dimana 15 diantaranya digunakan sebagai citra uji dan 15 sisanya sebagai citra latih.	Penelitian ini merancang prototipe sistem pengenalan wajah menggunakan algoritma <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) untuk ekstraksi fitur wajah dan <i>Euclidean Distance</i> untuk klasifikasi wajah.	Prototipe sistem pengenalan wajah ini dirancang dapat mengenali 13 dari 15 citra wajah uji dengan benar. Tingkat akurasi dari prototipe ini cukup baik, yaitu sebesar 86,6%	<
	<b>Penulis:</b> Lukas T, et al.				
	<b>Tahun :</b> 2017	<b>Permasalahan:</b> Pengenalan citra wajah terdapat hambatan disebabkan oleh perubahan ekspresi wajah, intensitas cahaya dan sudut pengambilan gambar			
	<b>Penerbit :</b> SNTIBD				

9.	<p><b>Judul :</b> Strategic Image Retrieval System Using Face Recognition.</p> <p><b>Penulis :</b> Preeti Mehta, et al.</p> <p><b>Tahun :</b> 2016</p> <p><b>Penerbit :</b> IJETSR</p>	<p><b>Objek :</b> Objek yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Google Image yang bertujuan untuk mengukur kinerja sistem pencarian data.</p> <p><b>Permasalahan:</b> Pencarian data citra wajah yang disimpan di database butuh pemrosesan yang cukup lama ketika jumlah data besar.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan metode <i>Local Binary Pattern Histogram</i> untuk proses ekstraksi fitur dan metode <i>Content Based-Image Retrieval</i> digunakan untuk teknik pengambilan citra dengan mencari fitur seperti warna, bentuk dan tekstur.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diambil melalui google image. Percobaan penelitian mendapatkan tingkat rata-rata akurasi sebesar 85%</p>	<
10	<p><b>Judul :</b> The Performance of Face Recognition Using the Combination of Viola-Jones, Local Binary Pattern Histogram and Euclidean Distance</p> <p><b>Penulis :</b> Suherwin, et al.</p> <p><b>Tahun :</b> 2020</p> <p><b>Penerbit :</b> IEEE</p>	<p><b>Objek :</b> Objek yang digunakan dalam penelitian ini merupakan wajah dari mahasiswa Fakultas Teknik UNHAS</p> <p><b>Permasalahan :</b> Proses ekstraksi fitur dari penelitian ini menyimpan hasil proses <i>encoding</i> ke dalam program sehingga ketika proses pengenalan wajah berjalan akan menyebabkan akurasi yang menurun dan komputasi stabil</p>	<p>Penelitian ini pada proses pendeteksian wajah menggunakan metode <i>Viola Jones</i>, ekstraksi fitur menggunakan <i>Local Binary Pattern Histogram</i> dan Klasifikasi citra menggunakan <i>Euclidean Distance</i></p>	<p>Jumlah sample data pada proses testing terdapat 342 dengan hasil akurasi 78.4% dan proses komputasi pengenalan wajah 0,93 detik.</p>	<
11	<p><b>Judul :</b> Face Detection Smart Attendance</p>	<p><b>Objek :</b> Penelitian ini menggunakan data wajah sebagai objek</p>	<p>Penelitian ini menggunakan 3 Arsitektur <i>Deep Learning</i> dalam</p>	<p>Hasil training yang didapatkan dari penelitian ini dengan nilai <i>Learning Rate</i></p>	=

	System Using Deep Transfer Learning	dengan nilai jumlah data sebanyak 200 citra dari 10 orang	keseluruhan proses pada pendeteksian wajah diantaranya <i>SqueezeNet</i> , <i>GoogleNet</i> , dan <i>AlexNet</i>	yang sama yaitu 0.0001 pada <i>SqueezeNet</i> jumlah <i>Epoch</i> 30 akurasi 98,33%, <i>GoogleNet</i> jumlah <i>Epoch</i> 30 akurasi 93,33% dan <i>AlexNet</i> jumlah <i>Epoch</i> 60 akurasi 100%
	<b>Penulis :</b> Khawla Alhane, et al.	<b>Permasalahan :</b> Penelitian ini dengan menggunakan objek yang sedikit sehingga pada proses training pada penelitian ini membutuhkan waktu		
	<b>Tahun :</b> 2021	komputasi yang lama.		
	<b>Penerbit :</b> Elsevier			
12	<b>Judul :</b> Authentication of Credit Card Using Facial Recognition.	<b>Objek :</b> Sistem autentikasi kartu kredit dengan menggunakan citra wajah	Penelitian ini membangun sistem pembayaran menggunakan Pengenalan wajah dengan metode <i>Principal Component Analysis</i> (PCA). Penelitian ini melakukan komparasi metode <i>LBP</i> , <i>Eigenfaces</i> , dan <i>Fisherfaces</i> .	Hasil dari penelitian ini Sistem yang diusulkan menyediakan tingkat keamanan yang tinggi yang meliputi OTP dan pengenalan wajah. Teknik <i>Fisherfaces</i> dipilih karena proses pengenalan wajah lebih cepat
	<b>Penulis :</b> Tison V, et al.	<b>Permasalahan :</b> Penggunaan kartu kredit/debit ketika dimiliki orang yang tidak berwenang (dicuri / dipinjam) akan menimbulkan resiko kloning.		<
	<b>Tahun :</b> 2015			
	<b>Penerbit :</b> IJLTEMAS			
13	<b>Judul :</b> Smart Attendance Management System Using Face Recognition.	<b>Objek :</b> Sistem ini melakukan percobaan absensi dengan pengenalan wajah menggunakan beberapa wajah mahasiswa.	Penelitian ini ketika telah mendapatkan lokalisasi citra wajah yang jumlah 128 titik fitur wajah diekstraksi pada setiap citra menggunakan <i>HOG</i> , untuk proses validasi menggunakan algoritma <i>Euclidean Distance</i>	Jumlah dataset pada penelitian hanya 120 images/6 person. 2 ft (61cm) akan mendapatkan akurasi 94% dan posisi jarak kamera ke objek sebesar 7 ft (213cm) akurasi 70%. Dilakukan proses pengujian dengan posisi angle berbeda, ketika posisi wajah sejajar dengan kamera didapatkan hasil akurasi 95%
	<b>Penulis :</b> Kaneez L, et al.	<b>Permasalahan :</b> Masih banyak sistem presensi yang masih manual atau telah menggunakan teknologi RFID yang masih rentan dengan		<
	<b>Tahun :</b> 2018			
	<b>Penerbit :</b> EAI			

		kecurangan dalam proses presensi		ketika pengujian pose wajah ke kamera 45 derajat maka akurasi sebesar 65%	
14	<p><b>Judul :</b> An Efficient Attendance Management System based on Face Recognition using Matlab and Raspberry Pi 2</p> <p><b>Penulis :</b> Preeti Mehta, et al.</p> <p><b>Tahun :</b> 2016</p> <p><b>Penerbit :</b> IJETSR</p>	<p><b>Objek :</b> Penelitian ini membangun sistem presensi berbasis pengenalan wajah secara otomatis menggunakan modul Raspberry Pi 2</p> <p><b>Permasalahan :</b> Kebanyakan ini sistem kehadiran masih dilakukan manual oleh guru dan harus memastikan kehadiran siswa sehingga membutuhkan waktu yang banyak</p>	<p>Rancangan dari sistem yang dibuat menggunakan Raspberry Pi 2 dan pada proses pengenalan wajah menggunakan metode <i>LBPH</i> sebagai ekstraksi fitur dan <i>SVM</i> sebagai klasifikasi citra.</p>	<p>Penggunaan modul Raspberry pada sistem ini yang memiliki jumlah dataset yang sedikit cukup berpengaruh pada proses komputasi yang tidak butuh waktu lama.</p> <p>Performa tingkat akurasi dari sistem ini mencapai 92% yang mana proses presensi wajah yang berhasil dikenali 11 dari 12 citra wajah</p>	<
15	<p><b>Judul :</b> A Computer Vision based Application Student Behavior</p> <p><b>Penulis :</b> Ngoc Anh, et al.</p> <p><b>Penerbit :</b> IEEE</p> <p><b>Tahun :</b> 2019</p>	<p><b>Objek :</b> Objek dari penelitian ini menggunakan data citra dari wajah mahasiswa di Hanoi University</p> <p><b>Permasalahan :</b> Pada sistem pengenalan wajah disaat melakukan proses klasifikasi dapat terjadi kesalahan karena varian pose.</p>	<p>Penelitian ini mengimplementasikan algoritma 3D <i>Position Estimation</i> serta pada proses pendeteksian wajah yang menggunakan metode <i>Single Stage Headless (SSH)</i>.</p>	<p>Hasil yang didapatkan pada penelitian ini setelah dilakukan perbandingan dengan algoritma lain dan algoritma yang digunakan sebesar 83%</p>	<
16	<p><b>Judul :</b> Smart Fingerprint</p>	<p><b>Objek :</b> Penelitian ini melakukan</p>	<p>Penelitian ini menggunakan metode secara <i>hybrid</i> yang</p>	<p>Sistem diuji oleh pengguna yang berbeda.</p>	<

<p>Biometric and RFID Time-Based Attendance Management System</p> <p><b>Penulis :</b> E.O. Badmus, et al.</p> <p><b>Tahun :</b> 2021</p> <p><b>Penerbit :</b> EJECE</p>	<p>pengembangan sistem presensi yang digunakan menggunakan <i>fingerprint</i> dan <i>RFID</i></p> <p><b>Permasalahan :</b> Kebanyakan sistem presensi yang masih menggunakan <i>RFID</i> masih rentan dengan kecurangan sehingga sistem ini melakukan pengembangan dengan menggunakan biometric</p>	<p>menggabungkan teknologi <i>RFID</i> dan <i>Biometric</i>. RFID Reader dan fingerprint scanner terhubung ke mikroprosesor, data (ID dan gambar sidik jari) yang terdaftar sebagai label dari program ke Arduino Mega untuk mengidentifikasi pengguna secara otomatis.</p>	<p>Sebagian besar pengguna sudah terdaftar oleh admin menggunakan langkah-langkah pendaftaran, sementara salah satu siswa belum terdaftar dengan hasil percobaan dari 10 siswa yang mana secara keseluruhan dapat dikenali dengan baik.</p>
<p>17 <b>Judul :</b> A Contactless Fingerprint Recognition System</p> <p><b>Penulis :</b> Tison V, et al.</p> <p><b>Tahun :</b> 2015</p> <p><b>Penerbit :</b> IJLTEMAS</p>	<p><b>Objek :</b> Sistem pengenalan sidik jari dengan cara <i>contactless</i></p> <p><b>Permasalahan :</b> Sistem sidik jari saat ini sering menimbulkan masalah secara kebersihan dan degradasi pada sensor</p>	<p>Paper ini membangun sebuah sistem dengan pendekatan mengembangkan metode pengenalan sidik jari tanpa kontak langsung yang mengenali foto jari tiap orang menggunakan sensor gambar. Proses ekstraksi fitur menggunakan <i>minutiae based CNN</i>.</p>	<p>Hasil yang didapatkan dengan kumpulan data uji 800 gambar (8 gambar dari setiap jari), diperoleh total 2.800 jari yang sama dengan menggunakan metode Euclidean Distance dari hasil data <i>embedding</i> yang dihitung.</p>

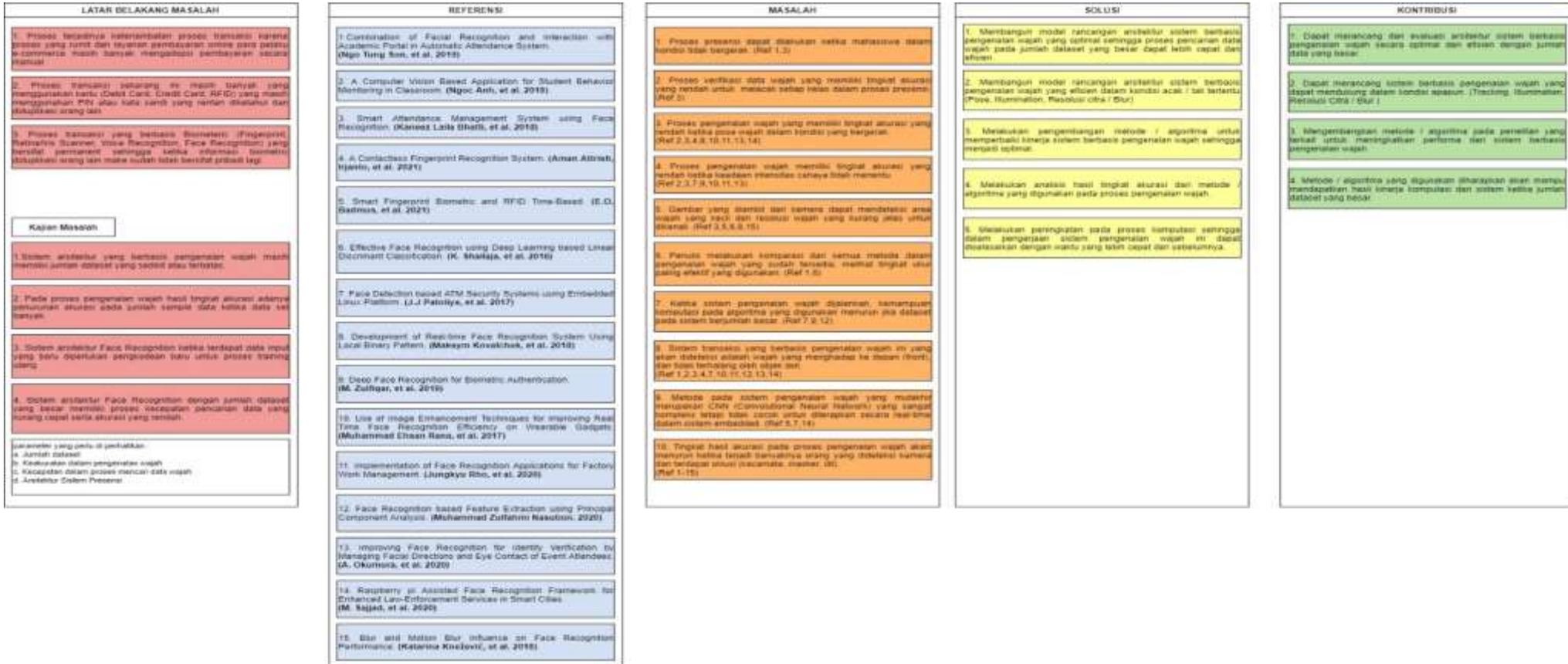
### **2.3 Metode Yang Diusulkan**

Beberapa penelitian tentang sistem transaksi di terminal atau di supermarket telah dilakukan dengan segala kasus, kondisi, dan masalah yang ingin diselesaikan. Hal ini dapat dilihat pada tabel State of The Art. Penelitian ini melakukan pengembangan sistem identifikasi dengan menggunakan pengenalan wajah dan mencari arsitektur sistem pengenalan wajah yang optimal dan efisien dengan jumlah data yang besar.

Saat sistem sudah berjalan penulis akan menganalisis beberapa metode dikarenakan penelitian ini memiliki 2 skenario berbeda. Skenario pertama yaitu ketika di terminal hanya melakukan proses pendeteksian wajah disini penulis akan menggunakan microcontroller sebagai perangkat pendeteksian wajah, dikarenakan perangkat ini merupakan perangkat embedded maka penulis akan menggunakan metode yang capable dengan perangkat ini. Lalu skenario kedua yaitu di terminal melakukan keseluruhan proses pada sistem maka penulis akan mencoba menggunakan metode Machine Learning dikarenakan metode ini akan menghasilkan lebih sedikit daya pada saat proses komputasi

## 2.4 Kerangka Pikir

Kerangka pikir dapat dilihat pada Gambar 3 yang menjelaskan mengenai alur penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 10. Kerangka pikir penelitian

## 2.5 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait sistem pengenalan wajah dengan beberapa arsitektur dan metode yang berbeda seperti pada beberapa penelitian yang ditampilkan pada tabel dibawah ini:

**Tabel 3.** Penelitian terkait (Arsitektur dan metode)

Paper	Metode	Feature Extraction			Jumlah Orang	Jumlah dataset/orang	Jumlah testing	Arsitektur	Akurasi	Komputasi	Proses Training
		Ukuran Citra Original	Preprocessing	Lokasi Data							
Development of Real-time Face Recogniiton System Using LBP	LBP	200x200 px	Convert to grayscale and 128 x 128 px	Folder	40	10	5 images/orang	Computer	90%	0,8s	Independent
Improving the Recognition of Faces using LBP and SVM + PSO	LBP	92x112 px	Crop to 70 x 70 px	Folder	40	20	5 images/orang	Computer	95,54%	-	Independent
LBPH-based Enhanced Real-time Face Recognition	LBP	400 x 400 px	Convert to grayscale and 60 x 60 px	Folder	3	33	30%	Computer	75%	3s	Independent
Effective FR using Deep Learning based Linear	DL-LRC	-	Convert to grayscale and 32 x 32 px	-	Orl : 40 Yale : 15	Orl : 10 Yale : 11	-	Computer	Orl : 87% Yale : 92,8%	-	-

Discriminant Classification											
2D-human face recognition using SIFT and SURF descriptors of face's feature regions	SIFT and SURF	Random	Random	Folder	Orl : 40 Face94 : 154 Yale 2B : 38 FERET : 150 M2VTS : 90	Orl : 10 Face94 : 20 Yale 2B : 64 FERET : 15 M2VTS : 74	20%	Computer	Decision Tree	Decision Tree	Independent
									<b>SIFT</b>	<b>SIFT</b>	
									86,3%	0,24s	
									67,6%	0,52s	
									76,9%	0,58s	
									64,2%	0,51s	
									98,6%	0,06s	
									<b>SURF</b>	<b>SURF</b>	
									72,7%	0,15s	
									58,2%	0,70s	
									67,3%	0,80s	
									61,8%	0,68s	
									88,5%	0,29s	
<b>SIFT+SURF</b>	<b>SIFT + SURF</b>										
86,2%	1,14s										
74,2%	1,27s										
82,3%	1,45s										
72,5%	1,24s										
98,7%	0,12s										
An Efficient Attendance Management System based on Face Recognition using Matlab and	LPBH	-	Convert to grayscale and default size	-	12	3	All	Video Recorded using Raspberry Camera, connected to the controller board and transmit video	92%	-	Independent

Raspberry Pi 2									via wireless using wifi dongle			
Real-time Face Recognition using Raspberry Pi	LPBH	640 x 480 px	Convert to grayscale and crop to 60 x 60 px	Folder	3	30	All		The system using Raspberry Pi 3 Modul B. Video captured using Raspberry Camera connect to mainboard and transfer video via local network using wifi dongle	Avg accuracy 72-98% / 60 seconds at 3FPS	-	Independent
Face Recognition based on Jetson Nano Development Kit	Deep CNN	1280 x 720 px	Crop to 224 x 224 px	Folder	-	-	-		Video recorded using Camera Module Sony and processed in Jetson Nano Module	96%	Faster than Raspberry Pi 3	Dependent
Face Detection Smart Attendance System Using Deep	CNN (AlexNet, SqueezeNet, GoogleNet)	1280 x 720 px	AlexNet (227 x 227 px) SqueezeNet (224 x 224 px) GoogleNet (224 x 224 px)	-	10	20	30%		Images captured using iPhone Camera and using single CPU as a main	AlexNet : 98,33% SqueezeNet : 93,33% GoogleNet : 100%	-	Dependent

Transfer Learning									system for 3 different for Neural Network Architectures.			
Masked Face Recognition with Convolutional Neural Networks and Local Binary Pattern	CNN and LBP	Random	Convert to grayscale and resize to (Face94 : 180x200 px, Faces96 : 196x196 px, Essex : 180x200 px)	Folder	300 (Face94, Faces96, Essex)	2754	15%		Images captured using webcam and phone camera that use Single CPU as main system and implemented code was executed Ubuntu OS	Main Dataset: 87% Essex Dataset: 98%	-	Dependent

Terdapat 10 penelitian dan metode terkait tabel diatas, 5 diantaranya mengadopsi *microprocessor* sebagai alat untuk memproses citra wajah dan 8 penelitian proses dilakukan di computer/laptop. Untuk penelitian yang memiliki dataset terkecil terdapat 3 orang, metode yang digunakan *Local Binary Pattern* mengadopsi *single-user system* yang dilakukan di *computer* dengan hasil akurasi 75% dan proses training yang dilakukan secara Independent. Penelitian dataset terbesar terdapat 300 orang dengan jumlah 2754 citra, penelitian ini mengkombinasikan metode *Convolutional Neural Network* dan *Local Binary Pattern*, citra diambil menggunakan kamera handphone, proses dilakukan menggunakan *single cpu* dan OS Ubuntu dengan hasil akurasi untuk data primer 87% dan data sekunder 89% serta proses training dilakukan secara Dependent.

Proses *Independent* dan *Dependent* dalam pelatihan model machine learning mencerminkan perbedaan dalam pendekatan pengembangan model. Pada Proses *Independent*, setiap kali data baru ditambahkan, model harus menjalani training ulang dari

awal. Ini umumnya melibatkan pembaharuan seluruh parameter model, dan proses ini membutuhkan komputasi yang intensif, terutama ketika jumlah data sangat besar. Proses *Dependent* melibatkan pemanfaatan model yang sudah terlatih sebelumnya, yang biasanya dikenal sebagai *Pre-trained* model. Model ini telah melalui proses pelatihan sebelumnya pada dataset berukuran besar, seringkali merupakan dataset *benchmark* dalam domain tertentu. Oleh karena itu, model ini telah belajar representasi fitur yang umumnya dapat digeneralisasi ke berbagai tugas terkait.

Dalam literatur ilmiah, pendekatan *Dependent* sering dianggap lebih efisien karena memanfaatkan pengetahuan yang sudah ada dalam model *pre-trained*. Hal ini dapat menghemat waktu dan sumber daya komputasi, terutama dalam kasus di mana pelatihan model dari awal menjadi tidak memungkinkan secara praktis. Namun, kualitas *pre-trained* model sangat bergantung pada dataset pelatihan awal dan relevansinya dengan tugas yang ingin diselesaikan. Perbandingan antara Proses *Independent* dan *Dependent* juga sering melibatkan pertimbangan mengenai transfer learning, di mana pengetahuan yang diperoleh dari satu tugas dapat diadaptasi untuk meningkatkan kinerja pada tugas lain..