

IMPLEMENTASI FACE RECOGNITION DENGAN OPENCV PADA “SMART CCTV” UNTUK KEAMANAN BRANKAS BERBASIS IOT

Nenny Anggraini¹, Fikriansyah Martunus², Imam Marzuki Shofi³,
Luh Kesuma Wardhani⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
nenny.anggraini@uinjkt.ac.id¹, fikriansyah.martunus15@mhs.uinjkt.ac.id², imam@uinjkt.ac.id³,
luhkesuma@uinjkt.ac.id⁴

Abstrack

One of the basic human rights is the right to a sense of security, this right to security is not only in the physical and psychological sense but also the right to the security of property. Destruction or breaking into a safe is one of the security breaches of goods. Each safe or safe has a different level of protection which must pass certified tests according to international standards. Researchers are trying to develop the use of CCTV by making a tool, namely smart CCTV using an IoT-based Raspberry Pi 4. By utilizing face recognition which is one of the methods from the library on open source computer vision (opencv), this tool can monitor people who approach the safe and then send images via the telegram application on a smartphone if the person is not recognized. Based on the results of the study, it was found that the accuracy of 40-69% for face recognition and function suitability was 100%.

Keyword: Safe, Face Recognition, CCTV, Raspberry Pi 4, IoT

Abstrak

Salah satu Hak Asasi Manusia yang mendasar adalah hak atas rasa aman, hak atas rasa aman ini tidak saja dalam pengertian fisik, psikis tetapi juga hak atas keamanan harta benda. Perusakan atau pembobolan terhadap brankas merupakan salah satu pelanggaran keamanan terhadap barang. Setiap lemari besi atau brankas mempunyai tingkat proteksi yang berbeda-beda yang mesti lulus terhadap pengujian tersertifikasi sesuai dengan standar internasional. Peneliti mencoba mengembangkan penggunaan CCTV dengan membuat sebuah alat yaitu smart CCTV menggunakan Raspberry Pi 4 berbasis IoT. Dengan memanfaatkan face recognition yang merupakan salah satu metode dari library pada open source computer vision (opencv), alat ini dapat memantau orang-orang yang mendekati brankas dan kemudian mengirimkan gambar melalui aplikasi telegram pada smartphone apabila orang tersebut tidak dikenali. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil akurasi dari 40-69% terhadap pengenalan wajah dan kesesuaian fungsi sebesar 100%.

Keyword: Brankas, Face Recognition, CCTV, Raspberry Pi 4, IoT

I. Pendahuluan

1. Latar Belakang

Salah satu Hak Asasi Manusia yang mendasar adalah hak atas rasa aman. Rasa aman merupakan hak yang harus didapatkan oleh semua orang sehingga mendapatkan rasa tenang dan nyaman. Setiap orang berhak atas perlindungan diri sendiri (pribadi), keluarga, kehormatan, martabat, dan harta benda yang berada dibawah kekuasaannya, serta rasa aman dari ketakutan terhadap sebuah ancaman yang akan datang (suseno). Dalam laporan nasional indikator hak atas rasa aman dikatakan bahwa hak atas rasa aman bagi masyarakat dapat digambarkan ke dalam sub-sub elemen, baik terhadap penangkapan dan penahanan, perampasan kebebasan

karena pelanggaran administrasi, aman dari tindak pidana dan kesewenang-wenangan aparat dan aspek keamanan fisik, hal tersebut merupakan rangkaian indikator untuk melihat efektifitas perlindungan hak asasi manusia dalam kerangka penegakan hukum dan konflik sosial[1]

Menurut Kitab Undang-undang Hukum Pidana (KUHP) dalam bab 1 Tentang Pelanggaran Keamanan Umum Bagi Orang atau Barang dan Kesehatan pasal 489 dikatakan bahwa jika kenakalan terhadap orang atau barang yang dapat menimbulkan bahaya, kerugian atau kesusahan, diancam dengan pidana denda paling banyak dua ratus dua puluh lima rupiah. Perusakan atau pembobolan terhadap brankas merupakan salah satu pelanggaran keamanan terhadap barang (direktori) Setiap lemari besi atau brankas mempunyai tingkat proteksi yang berbeda-beda yang mesti lulus terhadap pengujian tersertifikasi sesuai dengan standar internasional. Pada umumnya, dalam brankas selain uang tunai juga disimpan dokumen-dokumen penting atau benda berharga lainnya. Brankas tersebut dilengkapi dengan sistem keamanan yang beroperasi secara mekanik (manual) berdasarkan kombinasi kode angka yang hanya diketahui oleh pihak yang diberikan wewenang untuk mengaksesnya. [2]

Pengawasan dengan *CCTV* juga banyak dilakukan pada beberapa perusahaan dan rumah untuk mengantisipasi tindak kejahatan. Terdapat juga *CCTV* yang mampu mengenali wajah untuk keamanan yang lebih tinggi, *CCTV* ini menggunakan dua metode yaitu dikenali dan tidak dikenali. *Open Computer Vision (OpenCV)* merupakan salah satu *API library* yang dapat menjalankan *face identification* (identifikasi wajah) dan *face recognition* (pengenalan wajah) yang dapat digunakan pada bahasa pemrograman *Python*, seperti pengelolaan citra yang memungkinkan komputer dapat melihat seperti manusia. Dengan vision tersebut komputer dapat mengambil keputusan, melakukan aksi, dan mengenali terhadap suatu objek[3]

Berdasarkan uraian diatas, peneliti ingin mengembangkan penggunaan *CCTV* dan membuat sebuah alat yaitu *smart CCTV* menggunakan *Raspberry Pi 4* berbasis IoT yang dapat memantau orang-orang yang mendekati brankas dengan mengirimkan gambar dari *CCTV* ke android dan membantu meningkatkan keamanan ketika brankas tersebut ditinggalkan oleh pemiliknya. *Smart CCTV* merupakan sebuah *CCTV* yang dapat mengenali wajah pemilik brankas tersebut dan ketika orang lain terekam oleh *CCTV* tersebut tetapi *CCTV* tidak mengenali wajahnya, maka *CCTV* tersebut akan mengirimkan gambar wajah orang tersebut dan mengirimkannya kepada si pemilik brankas melalui android yang terhubung dengan jaringan *internet*.

Pada penelitian ini menggunakan model *Product Development Live Cycle* dengan tahapan pengembangan sistem sebagai berikut *requirement analysis*, *design*, *manufacture and Development*, *testing*. Berdasarkan uraian yang ada, maka rumusan masalah adalah bagaimana hasil implementasi *face recognition* dengan *opencv* pada *smart cctv* untuk keamanan brankas berbasis *iot*.

II. Metodologi Penelitian

Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam sebuah penelitian. Peneliti menggunakan beberapa metode pengumpulan data dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Studi Pustaka dan Studi Literatur

Pada tahapan pengumpulan data dengan cara studi pustaka, mengumpulkan mencari referensi yang dibutuhkan untuk mengumpulkan informasi dalam penelitian ini. Pencarian referensi didapat dari jurnal, buku, literatur sejenis yang ada dan dari internet.

2. Model Pengembangan Sistem

Dalam penelitian ini menggunakan model pengembangan sistem *Product Development Lifecycle*. Tahapan yang terdapat dalam model ini yaitu *Requirements Analysis*, *Design*, *Manufacture and Development*, dan *Testing*.

a. *Requirement Analysis*

Tahap pengumpulan kebutuhan dilakukan dengan studi literatur dan studi pustaka. Melalui pengumpulan kebutuhan tersebut, peneliti memperoleh data mengenai keamanan pengawasan brankas

menggunakan cctv. komponen untuk membangun produk, tools untuk pengembangan sistem, teori yang akan digunakan, serta data untuk desain dan proses pembuatan alat dan sistem.

Analisis pada tahap ini dilakukan dengan metode Structured Analysis for Real Time system (SA-RT). SART sendiri pengembangan lanjut dari Data Flow Diagram (DFD) yang di gabungkan dengan Control Flow Diagram (CFD).

b. *Design*

Dalam tahapan ini akan dibentuk suatu arsitektur sistem berdasarkan persyaratan yang telah diperoleh pada fase sebelumnya, dan juga mengidentifikasi dan menggambarkan abstraksi dasar sistem yang akan dibuat. Berikut ini hal-hal yang perlu diidentifikasi pada fase ini, yaitu:

- 1) Perancangan sistem pengambilan gambar sebagai dataset
- 2) Perancangan sistem training untuk mempelajari dataset
- 3) Perancangan sistem pengenalan wajah (face recognition)
- 4) Perancangan sistem pengiriman gambar ke smartphone

c. *Manufacture/Development*

Tahap ini dibagi menjadi dua yaitu manufacture dan development.

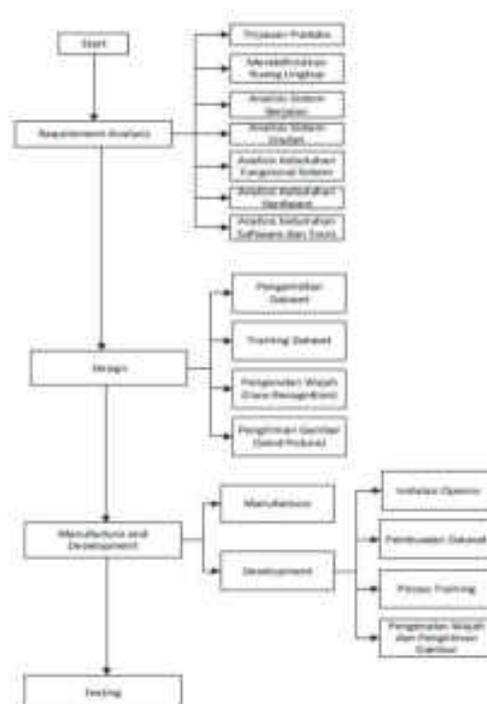
Tahap manufacture fokus pada pembuatan smart cctv.

Sedangkan dalam tahap development difokuskan pada pembuatan kode program melalui bahasa pemrograman Python.

d. *Testing*

Fase ini merupakan fase pengujian sistem yang sudah dibuat. Pada fase ini terdapat beberapa bagian yaitu, pengujian keakuratan hasil output dengan mengukur recognition rate dan pengujian sistem menggunakan blackbox testing. Pengujian fokus pada aplikasi dari segi logic dan fungsional dan memastikan bahwa semua bagian sudah diuji. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kesalahan (error) dan memastikan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.

3. Kerangka Berpikir



Gambar 1. Kerangka Berpikir

III. ANALISIS, PERANCANGAN SISTEM, IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

1. Requirement Analysis

a. Tinjauan Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri atas dua bagian, yaitu alat yang dipasang pada Raspberry Pi 4 yang merupakan otak dari smart cctv dan aplikasi telegram pada smartphone. Smart cctv dapat mengenali wajah pemilik brankas dan beberapa orang yang dapat mengakses brankas tersebut, jika smart cctv tidak dapat mengenali wajah orang yang terdeteksi oleh kamera tersebut, maka smart cctv akan mengambil gambar wajah orang tersebut dan mengirim gambar kepada pemilik brankas. Perintah dan fitur yang ada dalam sistem ini disesuaikan dengan kebutuhan pengguna sesuai dengan hasil wawancara, yaitu:

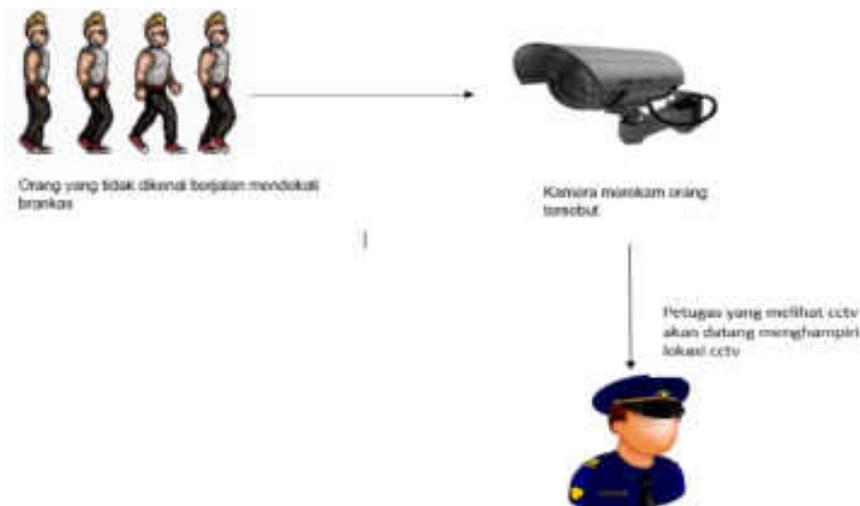
- 1) Menjadikan smart cctv untuk keamanan pengawasan brankas
- 2) Mengambil 40 gambar wajah untuk dijadikan dataset
- 3) Mempelajari dataset
- 4) Mengenali wajah dari dataset
- 5) Mengambil wajah yang tidak dikenal
- 6) Dapat mengirim gambar wajah yang tidak dikenal

b. Mendefinisikan Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah brankas keuangan FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, sistem yang dapat dikendalikan secara jarak jauh tetapi harus dalam satu jaringan, juga dapat melihat keadaan sekitar, baik dalam bentuk gambar yang dikirim ataupun video yang dapat diakses melalui smartphone.

c. Analisis Sistem Berjalan

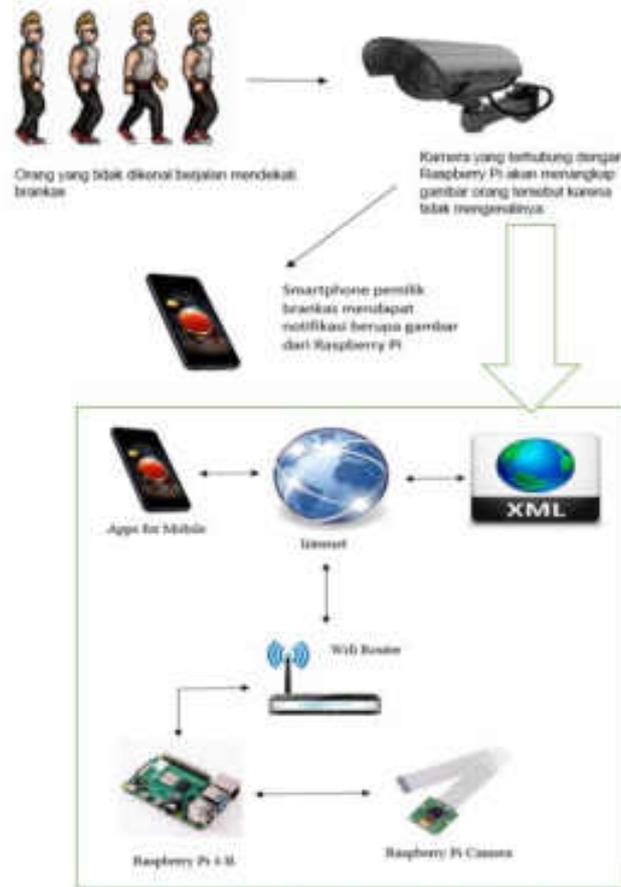
Berdasarkan hasil studi literatur dan studi pustaka yang dilakukan, dapat diketahui bahwa kebanyakan sistem yang berjalan saat ini masih menggunakan tenaga manusia untuk selalu melihat cctv. Jika terjadi kehilangan saat tidak ada yang mengawasi brankas atau cctv pada saat itu juga, maka pemilik brankas akan mengulang-ulang waktu kejadian kehilangan barang-barang di dalam brankas.



Gambar 2. Analisa sistem berjalan

d. Analisis Sistem Usulan

Sistem usulan yang diajukan pada tahap ini berdasarkan hasil dari identifikasi kebutuhan. Digunakan beberapa skema alur dari analisis sistem usulan berupa sistem monitoring cctv menggunakan mobile.

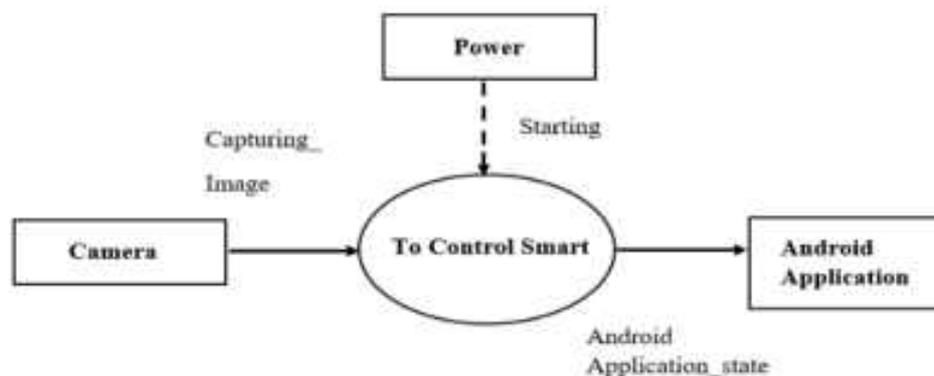


Gambar 3. Analisa sistem usulan

Dengan adanya smart cctv ini akan memudahkan pemilik brankas untuk mengawasi brankas karena tidak dibutuhkan pengawasan 24 jam dari manusia melainkan pengawasan mesin. Smart cctv ini menggunakan Raspberry Pi 4 yang dapat terhubung dengan koneksi internet dan telah mendapat ip dari bot pada aplikasi telegram, dan sebuah Raspberry Pi camera untuk mengambil gambar. XML digunakan untuk mengubah gambar dari dataset menjadi sebuah data dengan klasifikasi sehingga wajah dapat dikenal.

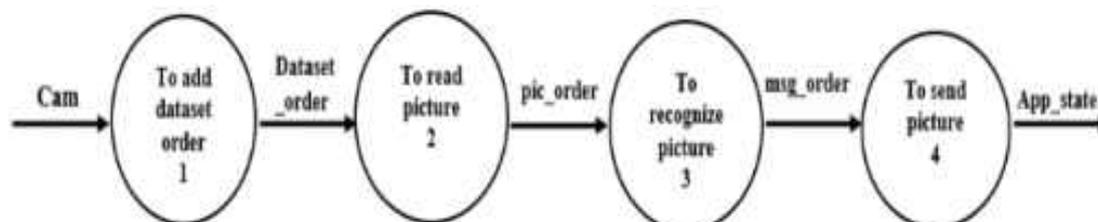
e. Kebutuhan Analisis Fungsional Sistem

Tahap ini berisi analisis terhadap kebutuhan-kebutuhan fungsional dari sistem. Kebutuhan fungsi utama sistem autentikasi sekunder ini disajikan dalam Data Flow Diagram (DFD) dan Control Flow Diagram (CFD).



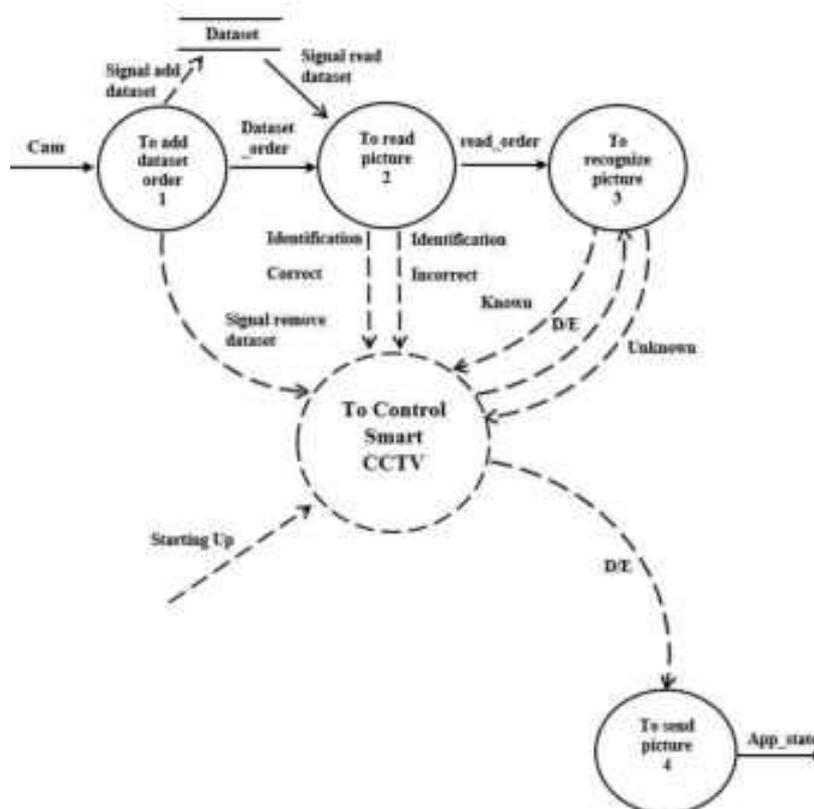
Gambar 4. Context Diagram/DFD level 0 "smart cctv"

Pada gambar 4 menunjukkan data melalui masukan eksternal yang masuk ke dalam proses sistem. Data berasal dari hasil input kamera. Setelah sistem menerimanya, data tersebut diolah hingga menghasilkan data *output* menuju aplikasi android.



Gambar 5. DFD Level 1 "smart cctv"

Pada gambar 5 menampilkan Data Flow Diagram (DFD) level 1 dari sistem smart cctv. Proses pengolahan data akan dilakukan setelah inputan sudah masuk, dalam sistem inputan akan melalui beberapa proses hingga akhirnya menghasilkan keluaran berupa gambar pada aplikasi android.



Gambar 6. DFD/CFD level 1 "smart cctv"

Pada gambar 6 menampilkan kebutuhan fungsi utama smart cctv berupa gabungan Data Flow Diagram (DFD) dan Control Flow Diagram (CFD) level 1. Dari gambar terlihat bahwa untuk dapat mengirim gambar, data input harus melalui beberapa proses yaitu:

1) Penambahan Dataset (add dataset)

Pada penelitian ini dilakukan deteksi wajah (face detection) untuk diidentifikasi dan mengambil 40 gambar hitam-putih yang nantinya akan digunakan sebagai pengenalan yang dimasukkan kedalam database secara real time. Setiap orang akan diberikan nomor sebagai id yang berikutnya setiap id akan diberikan penamaan.

2) Pembacaan Gambar (read dataset)

Gambar yang telah diambil akan dibaca dan dilakukan ekstraksi informasi dari ekspresi wajah setiap gambar berdasarkan id yang diberikan untuk pencocokkan berdasarkan hasil nilai ekstraksi gambar. Pada proses ini hasil nilai ekstraksi gambar akan disimpan dalam format data yml.

3) Proses Pengenalan Wajah (recognize picture)

Wajah yang telah diambil dan dipelajari oleh sistem akan dinamai berdasarkan nomor yang telah diberikan. Pada proses ini wajah dibedakan menjadi dua bagian, yaitu dikenal dengan berisikan nama dan tidak diberikan dengan label unknown.

4) Proses Pengiriman Gambar (send picture)

Pada proses ini wajah yang tidak dikenal akan diambil dan disimpan di dalam folder capture pada raspberry pi 4 lalu dikirimkan pada salah satu aplikasi di smartphone yaitu Telegram.

f. Analisis Kebutuhan *Hardware*

Dalam pembuatan cctv ini, dibutuhkan beberapa hardware agar sistem berjalan dengan baik sesuai kebutuhan pengguna.

No.	Komponen	Jumlah
1.	Raspberry Pi 4 Model B	1
2.	Raspberry Pi Camera	1
3.	Micro SD 32 GB Class 10	1
4.	WiFi Router	1
5.	Power Source Micro USB 5V/3A tipe C	1

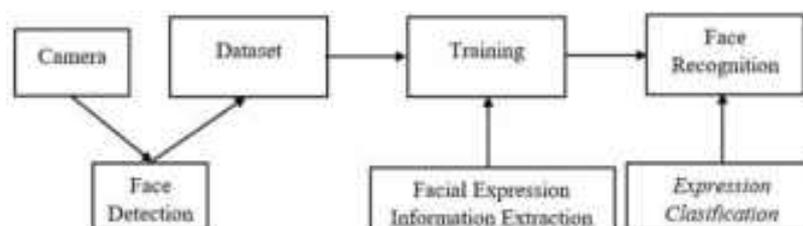
g. Analisis Kebutuhan *Software* dan Tools

Selain perangkat keras yang sudah disebutkan sebelumnya, dibutuhkan juga perangkat lunak untuk mendukung kinerja perangkat keras agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

No.	Nama <i>Software/Tools</i>	Kegunaan
1.	Pemrograman Python	Untuk menjalankan script yang membuka tampilan kamera.
2.	OpenCV	Berupa library pada bahasa pemrograman python yang digunakan mengidentifikasi wajah kemudian wajah tersebut dapat dikenal.
3.	Haar Cascade	Tempat pengolahan dataset dan mempelajarinya hingga gambar dikenal.
4.	Aplikasi Telegram	Sebagai notifikasi berupa gambar yang dikirimkan oleh Raspberry Pi

2. *Design*

Pada penelitian ini menjelaskan tentang pembelajaran pengambilan dataset, mempelajari dataset (training), proses pengenalan wajah dan proses pengiriman gambar.



Gambar 7. Blok Diagram

a. Perancangan Sistem Pengambilan Gambar Sebagai *Dataset*

Untuk mengambil sebuah dataset, dibutuhkan beberapa contoh gambar wajah. Sebelum gambar diambil, kamera akan mencari gambar wajah untuk dideteksi (face detection). Pada proses pendeteksian objek menggunakan metode haar cascade classifier, terdapat dua proses yang dilakukan sebelum akhirnya akan menghasilkan sebuah output objek yang terdeteksi pada sebuah citra. Dalam deteksi objek dengan metode ini, proses tersebut yaitu Grayscale dan Haar-Like Feature

Tahapan pengambilan gambar adalah sebagai berikut:

- 1) Memasukkan nomor sebagai id untuk tanda pengenalan.
- 2) Melakukan penyesuaian ukuran gambar menjadi sesuai ukuran wajah yang dideteksi.
- 3) Mengambil gambar wajah dengan sebanyak 40 sampel dengan variasi yang berbeda.
- 4) Melakukan konversi gambar menjadi warna hitam-putih (grayscale)

b. Perancangan Sistem Training Untuk Mempelajari *Dataset (Training)*

Pada proses ini, dari semua gambar yang telah didapatkan (dataset) akan dipelajari menggunakan algoritma Haar Cascade dengan melakukan ekstraksi informasi pada ekspresi wajah (Facial Expression Information Extraction) untuk membedakan wajah pada setiap gambar.

Mekanismenya adalah pertama-tama membagi daerah gambar menjadi 8x8. Setiap blok diubah menjadi thresholding dengan ukuran 3x3 untuk mendapatkan nilai histogram. Lalu mengambil satu pixel tengah untuk menjadi pembanding.

c. Perancangan Sistem Pengenalan Wajah (*Face Recognition*)

Dengan memanfaatkan hasil training dari haar cascade, kemudian hasil dari proses ini dikombinasikan dengan proses Image Matching dengan algoritma Local Binary Pattern Histogram. Dengan metode ini, foto yang sudah di-learning akan dicocokkan dengan hasil deteksi dari streaming kamera dimana pada streaming nantinya beberapa gambar dalam database kemudian dicocokkan dengan memanfaatkan nilai histogram yang telah diekstraksi dari gambar dengan memanfaatkan persamaan Local Binary Pattern Histogram

d. Perancangan Sistem Pengiriman Gambar (*send picture*)

Pengiriman gambar dilakukan ketika smart cctv tidak dapat mengenali orang yang diidentifikasi, smart cctv akan menamai orang tersebut dengan memberi label unknown.

3. *Manufacture and Development*

4.

a. *Manufacture*

Tahap manufacture ini fokus pada pembuatan alat smart cctv.

No.	Alat	Port
1.	Micro SD Card	Micro SD Card Slot
2.	Power	USB-C Power Port 5V/3A
3.	Raspberry Pi Camera	MIPI CSI Camera Port
4.	Keyboard dan Mouse wireless	USB 3.0
5.	Kabel Micro HDMI	Micro HDMI Port

- 1) Micro SD Card digunakan sebagai sistem operasi dan media penyimpanan, kami menggunakan sistem operasi Raspbian Buster.
- 2) Power yang digunakan harus berupa USB-C dan tegangan 5V/3A agar daya yang diberikan cukup.
- 3) Raspberry Pi Camera dipasang pada port Camera Serial Interface yang terdapat pada raspberry pi.
- 4) keyboard dan mouse wireless dipasang pada USB 3.0 untuk pembuatan kode dan melakukan proses pengenalan wajah

b. *Development*

Kode program dibuat berdasarkan hasil analisis kebutuhan sistem yang telah dibuat sebelumnya, sehingga fitur yang dibuat pada sistem sesuai dengan kebutuhan dan keperluan pengguna. Saya menggunakan source code dari Mjrovai untuk pengenalan wajah, berikut ini merupakan bagian-bagian dari proses development perangkat lunak.

- 1) Instalasi OpenCV
- 2) Pengkodean Pembuatan Dataset
- 3) Pengkodean Training
- 4) Pengkodean Pengenalan Wajah (Face Recognition) dan Pengiriman Gambar

5. *Testing*

Setelah melakukan perancangan, peneliti melakukan pengujian terhadap hasil implementasi sistem. Pengujian dilakukan pada dua tingkatan, yaitu tingkat sistem dengan aspek pengujian functionality. Metode yang digunakan dalam pengujian adalah black box testing.

No. Uji	Fitur	Jumlah Sesuai	
		ya	tidak
UAT-A	Pengambilan Dataset	3	0
UAT-B	Training	1	0
UAT-C	Pengenalan Wajah	2	0
UAT-D	Pengiriman Gambar	2	0

6. Hasil

Secara keseluruhan, implementasi face recognition dengan opencv dalam beberapa proses, yaitu pengambilan dataset, training, face recognition, dan pengiriman gambar ke aplikasi telegram berhasil diterapkan pada smart cctv. Berdasarkan hasil pengujian dengan pengenalan wajah, didapatkan persentase akurasi pengenalan dari 40-69%. Persentase didapat dengan pengambilan dataset secara langsung menggunakan raspberry pi camera setiap orang yaitu 40 gambar yang bervariasi. Berdasarkan pengiriman notifikasi berupa gambar, alat mampu langsung mengambil gambar wajah yang tidak dikenal dan mengirimkan gambar tersebut secara langsung.

Berdasarkan performansi, smart cctv hanya dapat mendeteksi wajah untuk dikenali dengan jarak dibawah 350cm dan tidak dapat mendeteksi wajah selain manusia.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, opencv dan face recognition dapat diimplementasikan pada smart cctv untuk pengawasan brankas. Kami menggunakan bahasa pemrograman python dengan opencv sebagai library dan metode face recognition. Algoritma yang kami gunakan pada face recognition adalah haarcascade. Proses yang dilakukan terdiri dari pengambilan dataset secara langsung dari raspberry pi camera menggunakan metode face detection, training dengan metode Facial Expression Information Extraction, dan face recognition/pengenalan wajah menggunakan metode Expression Clasification, serta penangkapan gambar dan pengiriman gambar orang yang tidak dikenal. Hasil face recognition berupa pelabelan pada nama dengan akurasi 40-69% dan tidak dikenal sebagai unknown. Smart cctv ini terhubung dengan smartphone, maka ketika tidak ada yang mengawasi brankas dan seseorang yang tidak dikenal mendekati brankas, kamera dapat mengambil gambar orang asing tersebut dan langsung mengirimkan gambarnya menggunakan aplikasi Telegram sebagai notifikasi. Ketika alat ini masih dalam satu jaringan dengan smartphone, smartphone bisa mengakses video secara langsung menggunakan VNC atau Remote Desktop.

Pada metode face recognition masih terdapat kesalahan dalam mengenali identitas gambar masukan, baik itu kesalahan dalam mengenali identitas gambar masukan sebanyak 1:40 yaitu 0.025% untuk dataset, maupun kesalahan dalam mengenali identitas gambar masukan dari individu di dalam database yang dikenali sebagai individu lain dan kesalahan dalam menolak gambar masukan, sebuah gambar masukan yang seharusnya dapat dikenali (identitasnya terdapat di dalam database) berubah menjadi tidak dikenali.

Setelah dibuat alat smart cctv menggunakan Raspberry Pi, terdapat beberapa saran untuk pembaca dan pengembang selanjutnya. Berikut adalah beberapa saran dari kami, yaitu:

- a. Melakukan pencahayaan yang pas untuk meningkatkan akurasi pengenalan wajah, dikarenakan cahaya sangat mempengaruhi gambar.
- b. Mampu memantau alat dari jarak jauh, tidak menggunakan satu jaringan jika ingin melihat video secara langsung.

- c. Pengembang berikutnya dapat merekam dan menyimpan video sehingga lebih mudah untuk melihat orang asing tersebut.
- d. Dapat mengambil gambar yang dapat terstruktur berapa banyaknya ketika tidak mengenali orang.

V. Daftar Pustaka

- [1] Balitbangham. (2016). *Laporan Hak Atas Rasa Aman* (1st ed.). Retrieved from <https://ebook.balitbangham.go.id/file/922b804901306c5a1e8486c588c34113.html>
- [2] Brankasid. (2017). Cara Menyimpan Dokumen Menggunakan Brankas. Retrieved from Medium.com website: <https://medium.com/@idbrankas/cara-menyimpan-dokumen-menggunakan-brankas-67784439215e>
- [3] Pazriyah. (2017). *PENGGUNAAN RASPBERRY PI DALAM MENDETEKSI WARNA MELALUI WEBCAM*.
- [4] Zein, A. (2018). *Pendeteksian Multi Wajah Dan Recognition Secara Real Time Menggunakan Metoda Principal Component Analysis (Pca) Dan*. XII(01), 1–7.
- [5] Haisong Gu, Qiang Ji, Zhiwei Zhu. 2002. *Active Facial Tracking for Fatigue Detection*, Nevada.
- [6] Kurniawan, D. E., & Fani, S. (2017). Perancangan sistem kamera pengawas berbasis perangkat bergerak menggunakan raspberry pi. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, III(2), 140–146.
- [7] Kusumaningrum, A., Pujiastuti, A., & Zeny, M. (2017). Pemanfaatan Internet of Things Pada Kendali Lampu. *Compiler*, 6(1), 53–59. <https://doi.org/10.28989/compiler.v6i1.201>
- [8] Kaonang, G. (2019). Raspberry Pi 4 Janjikan Performa Sekelas Komputer Desktop Tanpa Korban Fleksibilitasnya.
- [9] Permana, A. A., & Destriana, R. (2018). *Pengamanan Teks Menggunakan Metode Algoritma Rsa*. 7(2).
- [10] Al-Aidid, S., & Pamungkas, D. (2018). Sistem Pengenalan Wajah dengan Algoritma Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 14(1), 62–67. <https://doi.org/10.17529/jre.v14i1.9799>
- [11] Stark, J. (2015). *Product Lifecycle Management-Empowering the future of business*. 1–29. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17440-2>
- [12] He, S. L., Roe, N. H., Wood, E. C. L., Nachtigal, N., & Investigator, P. (2015). *Lifecycle*. (September).
- [13] TIMISOARA, U. P. (2018). ACTA TECHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering (P. Assoc. Prof. Eng. KISS Imre, Ed.). Hunedoara.