



# INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

## PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JALAN GANESHA NO. 10 Gedung Labtek V Lantai 2 ☎ (022)2508135-36, 📠 (022)2500940  
BANDUNG 40132

### Dokumentasi Produk Tugas Akhir

#### Lembar Sampul Dokumen

Judul Dokumen	<b>TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO:</b> <i>Visitor Counter : Perangkat Penghitung Pengunjung Gedung Berbasis Kamera</i>
Jenis Dokumen	<b>DESAIN SISTEM</b>  <small>Catatan: Dokumen ini dikendalikan penyebarannya oleh Prodi Teknik Elektro ITB</small>
Nomor Dokumen	<b>B300-01-TA1718.01.033</b>
Nomor Revisi	<b>01</b>
Nama File	<b>B300</b>
Tanggal Penerbitan	<b>7 November 2017</b>
Unit Penerbit	<b>Prodi Teknik Elektro - ITB</b>
Jumlah Halaman	<b>24</b> (termasuk lembar sampul ini)

Data Pemeriksaan dan Persetujuan					
Ditulis	Nama	Rafi Dasa Nanda	Jabatan	Anggota Kelompok	
Oleh	Tanggal	7 November 2017	Tanda Tangan		
	Nama	Fransiskus Yoga Esa	Jabatan	Anggota Kelompok	
	Tanggal	7 November 2017	Tanda Tangan		
	Nama	Reza Montazery	Jabatan	Anggota Kelompok	
Diperiksa	Tanggal	7 November 2017	Tanda Tangan		
	Nama	Ir. Mervin Tangguar	Jabatan	Dosen Pembimbing	
	Tanggal	7 November 2017	Tanda Tangan		
	Nama	Ir. Mervin Tangguar	Jabatan	Dosen Pembimbing	
Disetujui	Tanggal	7 November 2017	Tanda Tangan		

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>2</b>
<b>CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>PROYEK PENGEMBANGAN PERANGKAT PENGHITUNG PENGUNJUNG GEDUNG BERBASIS KAMERA .....</b>	<b>4</b>
<b>1    PENGANTAR .....</b>	<b>4</b>
1.1    RINGKASAN ISI DOKUMEN .....	4
1.2    TUJUAN PENULISAN DAN APLIKASI/KEGUNAAN DOKUMEN .....	4
1.3    REFERENSI .....	4
1.4    DAFTAR SINGKATAN.....	4
<b>2    KONSEP SISTEM .....</b>	<b>5</b>
2.1    PILIHAN SISTEM .....	5
2.2    ANALISIS.....	9
2.2.1 <i>Kriteria</i> .....	9
2.2.2 <i>Analisis konsep</i> .....	11
2.3    SISTEM YANG AKAN DIKEMBANGKAN .....	13
2.3.1 <i>Metode pemilihan</i> .....	13
2.3.2 <i>Konsep sistem terpilih</i> .....	17
<b>3    DESAIN SISTEM .....</b>	<b>22</b>
3.1    PEMODELAN FUNGSIONAL SISTEM.....	22
3.2    PEMODELAN TINGKAH LAKU SISTEM .....	22
<b>4    LAMPIRAN.....</b>	<b>23</b>

## Catatan Sejarah Perbaikan Dokumen

VERSI, TGL, OLEH	PERBAIKAN

# Proyek Pengembangan Perangkat Penghitung Pengunjung Gedung Berbasis Kamera

## 1 Pengantar

### 1.1 Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen ini berisi tentang perancangan desain Visitor Counter : Perangkat Penghitung Pengunjung Gedung Berbasis Kamera. Dalam dokumen ini dijelaskan mengenai beberapa pilihan sistem yang masing-masing terdiri atas arsitektur sistem dan algoritma utama dari sistem. Selain itu, terdapat kriteria yang digunakan untuk menentukan pilihan sistem yang digunakan untuk tugas akhir. Penentuan pilihan tersebut dijelaskan dengan menggunakan metode tertentu yang sudah dijelaskan dalam dokumen.

### 1.2 Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Tujuan dari penulisan dokumen ini diantaranya adalah. untuk memberikan beberapa pilihan alternative desain yang dapat digunakan untuk mengembangkan Visitor Counter : Perangkat Penghitung Pengunjung Gedung Berbasis Kamera.

### 1.3 Referensi

- [1] <http://openbenchmarking.org/result/1604016-GA-MERGE757555>, diakses tanggal 6 november 2017 pukul 2035 WIB
- [2] <https://www.logitech.com/id-id/home>, diakses tanggal 06 November 2017 pukul 21.11 WIB
- [3] <https://mipi.org/specifications/camera-and-imaging>, diakses tanggal 06 November 2017 pukul 23.07 WIB
- [4] Jack Creasey. 2015. *Raspberry Pi Essential*, Pack Publishing Ltd, Birmingham, UK

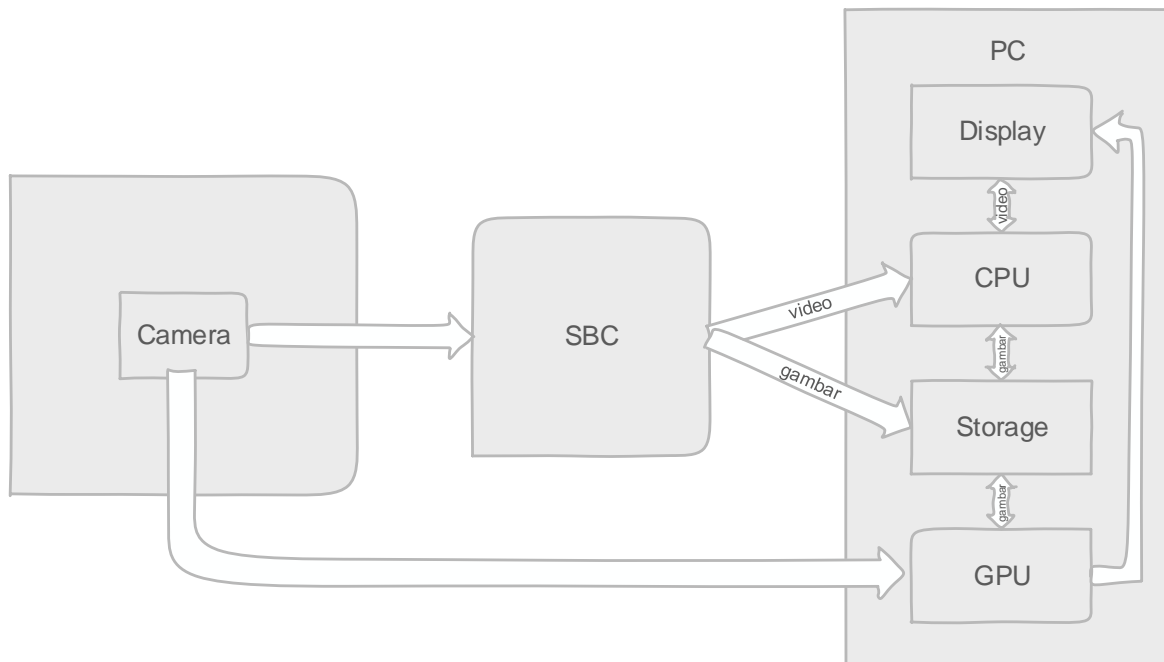
### 1.4 Daftar Singkatan

SINGKATAN	ARTI
SBC	<i>Single Board Computer</i>
LAN	<i>Local Area Networking</i>
RGB	<i>Red, Green, and Blue</i>
VGA	<i>Video Graphic Array</i>
USB	<i>Universal Serial BUS</i>
CSI	<i>Camera Serial Interface</i>

## 2 Konsep Sistem

### 2.1 Pilihan Sistem

#### Alternative Design I



Gambar 1. Alternative Design I

Pada alternative ini, kamera yang digunakan hanya satu namun telah dapat mencangkup kedua sisi pintu masuk dan keluar gedung. Kamera yang digunakan memiliki cakupan area sebesar  $180^{\circ}$ . Peletakan kamera ini pada atas pintu yang akan mencangkup kedua sisi masuk dan keluar. Hasil dari kamera ini berupa gambar dengan bentuk bulat. Perlu dilakukan pemetaan terhadap hasil tangkapan dari kamera. Pengiriman data dari kamera ini adalah dengan memanfaatkan router yang ada pada sistem. Router tersebut juga tersambung dengan SBC dan komputer.

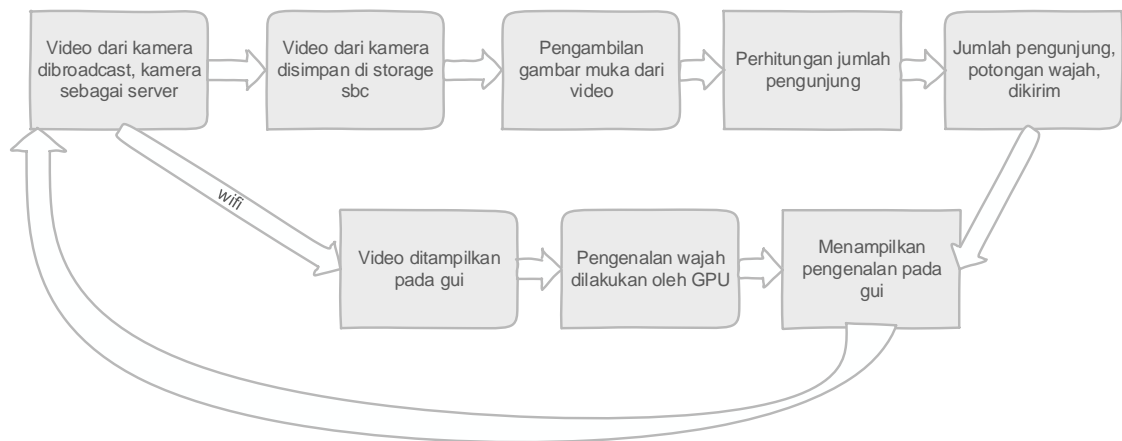
Video yang dikirimkan dari kamera ke komputer merupakan data mentah yang tidak memerlukan proses tambahan. Video dari kamera dapat dikirimkan secara langsung tanpa melalui SBC. Pada alternatif sistem ini digunakan sebuah kamera 180 yang berfungsi sebagai IP cam sehingga dapat diakses langsung oleh SBC dan komputer dengan memanfaatkan router. LAN SBC hanya digunakan untuk mengirimkan data segmentasi wajah pengunjung dan hasil pencacahan.

Data yang ditampilkan pada antarmuka adalah data hasil pencacahan jumlah pengunjung, data wajah pengunjung dalam format .jpg, dan video rekaman pengunjung. Sebelum ditampilkan pada Display, ketiga data tersebut melewati proses pada komputer terlebih dahulu. Pada *Alternative Design I*, data wajah pengunjung dalam format .jpg tersebut akan melewati proses *face recognition* secara *real time*. Setiap data wajah pengunjung yang sudah melewati proses *face recognition* dapat disimpan di memori dalam komputer. Selanjutnya data wajah pengunjung tersebut dapat ditampilkan pada display.

Data kedua yang ditampilkan pada antarmuka adalah data hasil pencacahan jumlah pengunjung yang masuk dan keluar dari gedung. Data tersebut setelah melewati SBC,

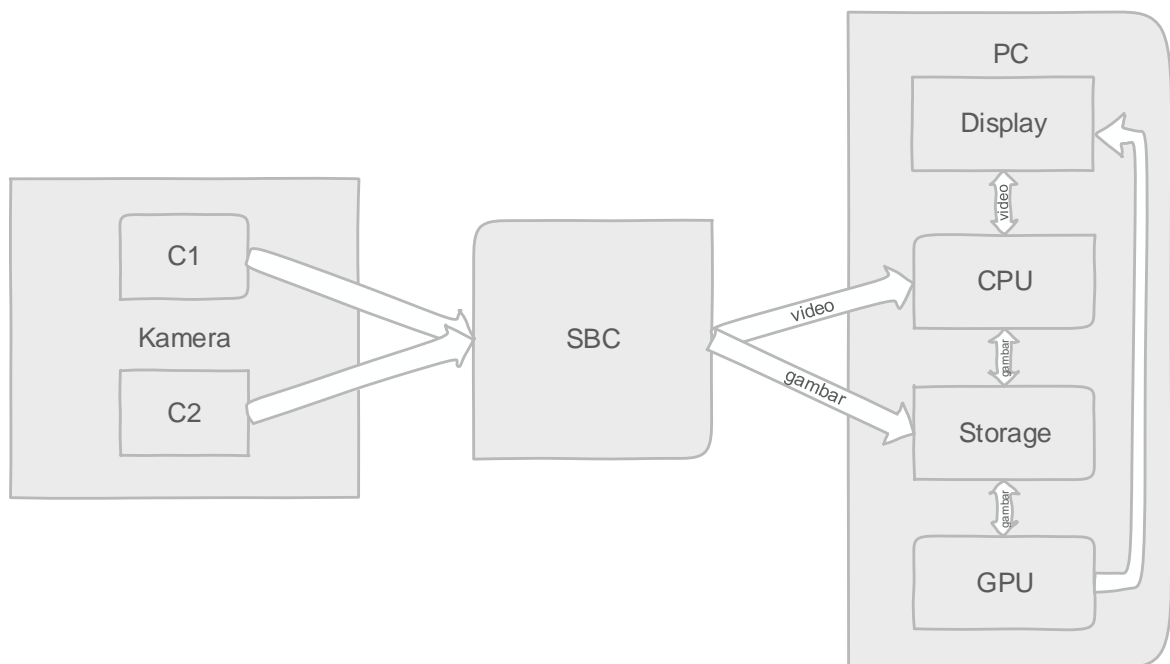
akan disimpan pada Storage yang ada di komputer. Untuk data hasil pencacahan jumlah pengunjung yang masuk dan keluar gedung ini disimpan dalam bentuk file .CSV. Selanjutnya, data hasil pencacahan jumlah pengunjung yang masuk dan keluar gedung akan ditampilkan di display sebagai keluaran. Data ketiga yang ditampilkan pada antarmuka adalah video rekaman pengunjung gedung. Video rekaman tersebut ditampilkan langsung pada display sebagai keluaran. Ketiga data tersebut dapat ditampilkan secara real-time secara bersamaan di antarmuka.

Berikut algoritma sistem 1 :



**Gambar 2. Algoritma utama desain 1**

## Alternative Design II



**Gambar 3. Alternative Design II**

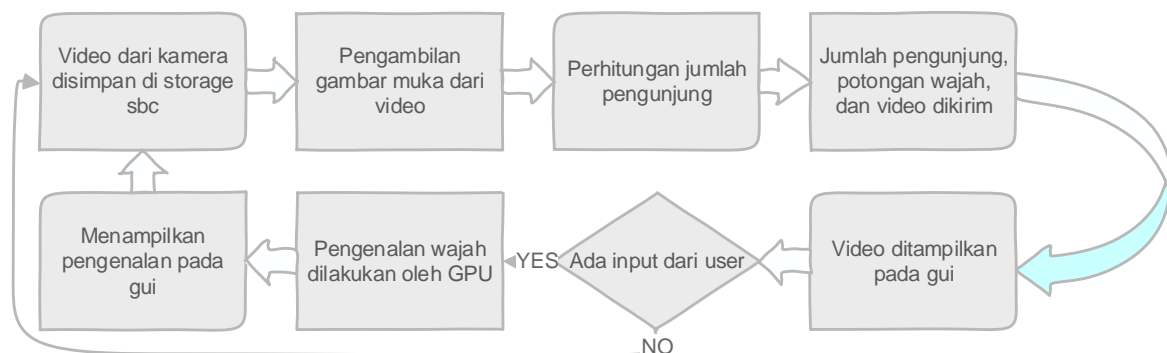
Pada alternative kedua digunakan 2 buah kamera untuk menunjang fungsi pengakapan wajah penunjang. Satu buah kamera menghadap keluar gedung untuk menangkap wajah pengunjung yang memasuki gedung, satu buah kamera menghadap ke dalam gedung untuk menangkap wajah pengunjung yang keluar dari gedung. Dari dua buah kamera ini, sebuah perangkat SBC akan melakukan segmentasi wajah dan pencacahan jumlah pengunjung. Hasil dari pemrosesan data akan dikirimkan ke komputer utama.

Komputer tidak mengakes kamera secara langsung. Data video yang ditampilkan dalam komputer dikirimkan oleh SBC melalui jaringan LAN. Dalam alternatif desain ini, SBC akan berfungsi seperti IP cam yang akan mengambil data dari kamera dan mengirimkan data tersebut ke komputer utama saat alamat IPnya dipanggil. Data tersebut dikirimkan ke komputer melalui jaringan kabel yang sama dengan data pencacahan pengunjung dan segmentasi wajah.

Dari sebuah kabel LAN, komputer akan menerima data berupa gambar wajah, hasil pencacahan dan video. Setiap data diproses dengan cara yang berbeda. Video hanya ditampilkan pada display tanpa diproses dan tidak disimpan dalam memori komputer utama. Data pencacahan pengunjung akan diterima oleh komputer utama lalu disimpan dalam log data dalam bentuk file .CSV. Pencacahan pengunjung ini akan diperbaharui dan ditampilkan secara *real time* pada display di ruang pengawas gedung. Data pengunjung berupa log pengunjung dapat diakses melalui perangkat lunak *spreadsheet*. Data wajah akan disimpan dalam memori internal komputer utama dan tidak diolah lebih lanjut kecuali atas perintah pengguna.

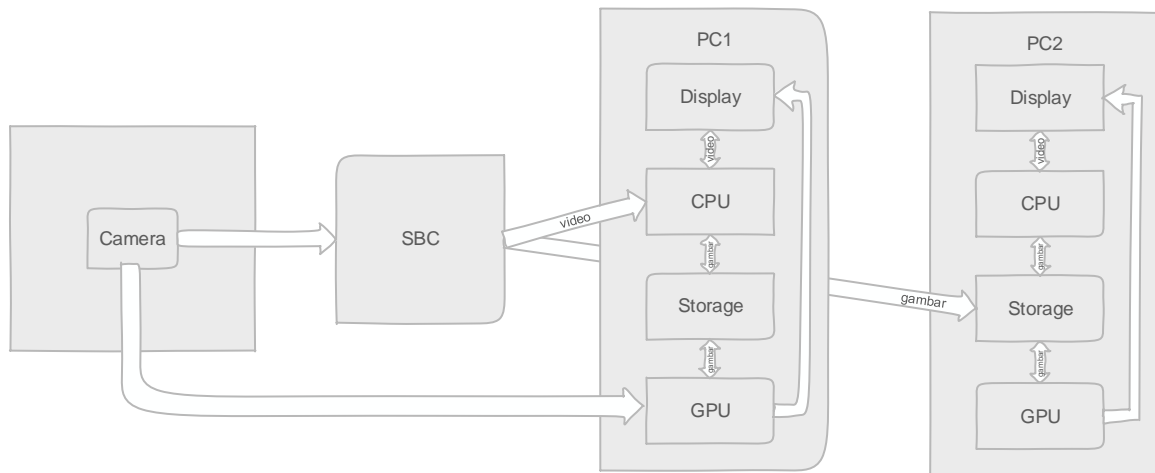
Salah satu pembeda utama dari sistem sebelumnya adalah fitur pengenalan wajah secara *non-real time*. Fitur pengenalan wajah hanya dijalankan bila petugas merasa perlu adanya tindakan pengenalan pengunjung. Selama proses pengenalan ini maka komputer utama tidak akan menerima data wajah yang dikirimkan oleh SBC. Sistem ini akan mengurangi beban kerja komputer sehingga performa dapat dioptimalkan

Berikut algoritma system 2.



**Gambar 4. Algoritma utama desain 2**

### Alternative Design III

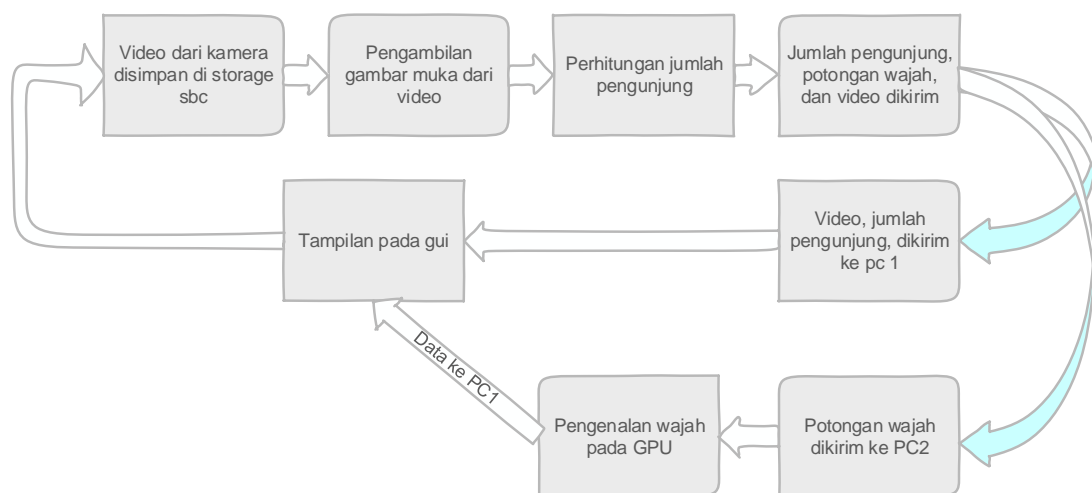


**Gambar 5. Alternative Design III**

Komunikasi antara kamera dengan komputer pada *Alternative Design III* sama dengan alternatif desain kedua. Data video, wajah pengunjung dan pencacahan pengunjung dikirimkan oleh SBC melalui sebuah kabel LAN. Data video ditampilkan pada monitor tanpa disimpan pada memori. Data pencacahan diperbaharui dan ditampilkan secara *real time*. Untuk data hasil pencacahan jumlah pengunjung yang masuk dan keluar gedung ini disimpan dalam bentuk file .CSV. Perbedaan desain ini terletak pada proses pengenalan wajah. Dalam arsitektur ini, pengolahan *face recognition* dilakukan secara *real time* dengan menggunakan CPU terpisah.

Alternatif desain III ini terdiri atas dua buah CPU. CPU pertama digunakan untuk mengolah data wajah pengunjung sebelum ditampilkan di antarmuka. Data wajah pengunjung dengan format .jpg akan melewati komputer pertama. Setiap data wajah pengunjung tersebut akan melewati proses *Face Recognition*. Data hasil *Face Recognition* tersebut ditampilkan di antarmuka pada display. Pada CPU kedua digunakan untuk mengolah data hasil pencacahan jumlah pengunjung yang masuk dan keluar dari gedung dan video hasil rekaman pengunjung. Data hasil pencacahan tersebut sebelumnya disimpan pada storage di CPU kedua lalu ditampilkan di antarmuka, sementara video hasil rekaman pengunjung ditampilkan langsung di antarmuka pada display.

Berikut algoritma sistem 3.



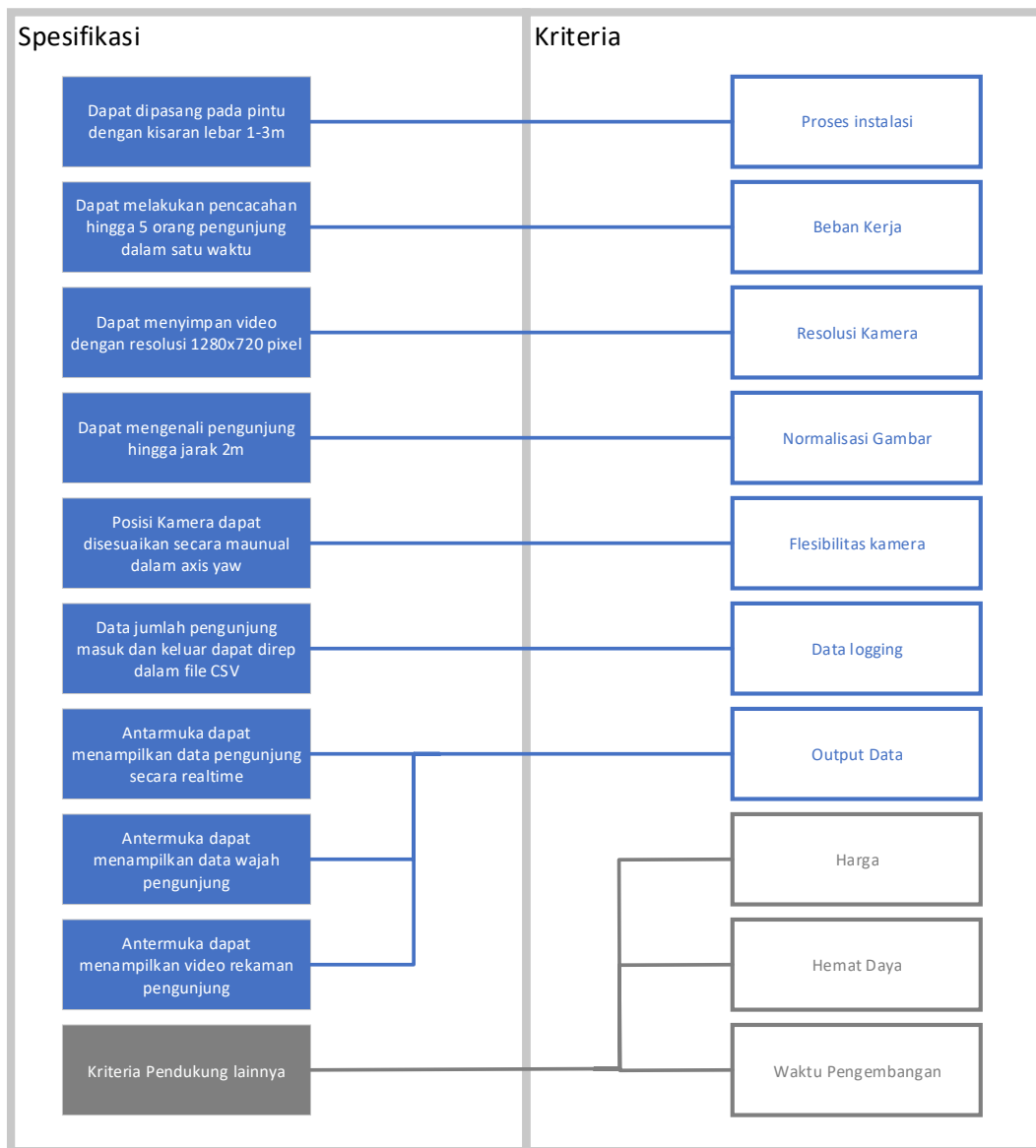
**Gambar 6. Algoritma utama desain 3**



## 2.2 Analisis

### 2.2.1 Kriteria

Dalam menentukan *alternative design* yang akan digunakan, maka dibutuhkan beberapa parameter-parameter untuk menganalisisnya. Parameter-parameter tersebut dijawabantahkan dalam bentuk kriteria-kriteria yang bersumber dari spesifikasi tugas akhir dan konstrain lain yang akan mempengaruhi pemilihan desain. Berikut merupakan hasil pengejawantahan dari spesifikasi tugas akhir dan konstrain lain yang mempengaruhi pemilihan desain menjadi kriteria-kriteria yang dibutuhkan dalam analisis.



**Gambar 7. Penurunan spesifikasi dan konstrain lainnya menjadi kriteria**

#### a. Proses Instalasi

Proses instalasi yang dimaksud adalah pemasangan pada posisi yang diinginkan. Berdasarkan spesifikasi yang diinginkan adalah produk dapat dipasang pada pintu dengan lebar kisaran 1-3 meter.

b. Beban kerja

Berdasarkan spesifikasi yang ada bahwa produk dapat melakukan pencacahan hingga 5 orang dalam satu waktu. Maka proses pencacahan tersebut akan menjadi beban kerja dari SBC. Pada pemrosesan secara garis besar SBC memproses banyak data dalam waktu singkat. Proses yang dibebankan pada SBC ini memiliki peranan penting untuk keseluruhan sistem.

c. Resolusi kamera

Resolusi kamera akan mempengaruhi kinerja dari sistem. Resolusi kamera diperlukan untuk menjamin kemampuan deteksi sistem. Bila kamera yang digunakan memiliki resolusi rendah maka sistem akan sulit untuk mengenali pengunjung. Jarak jangkauan deteksi juga ditentukan dari resolusi kamera yang digunakan. Berdasarkan spesifikasi produk dapat menyimpan video dengan resolusi 1280x720 pixel.

d. Kompleksitas normalisasi gambar

Beberapa kamera menghasilkan gambar tidak planar. Hal ini umum terjadi pada kamera-kamera yang mengalami pengolahan optik dengan bantuan kaca atau lensa tambahan. Untuk mengolah data tersebut dibutuhkan transformasi khusus sebelum proses pengenalan dan pencacahan dilakukan. Normalisasi gambar ini akan memberikan beban proses tambahan. Spesifikasi menyatakan bahwa produk dapat mengenali pengunjung hingga jarak 2 meter, maka proses normalisasi gambar sangat diperlukan.

e. Fleksibilitas kamera

Gambar yang ditangkap oleh kamera bergantung pada posisi dan sikap dari kamera. Posisi tersebut adalah lebar pintu, tinggi instalasi kamera, dan jarak kamera dari pintu. Agar dapat mengambil gambar secara optimal maka sikap kamera harus dapat diatur sesuai dengan posisi letak dari kamera. Berdasarkan spesifikasi, produk dapat disesuaikan secara manual dalam axis Yaw.

f. Data logging

Berdasarkan spesifikasi bahwa data pengunjung masuk dan keluar gedung direkap dalam file CSV. Oleh karena itu, sistem yang akan dipilih harus mampu melakukan logging data dalam bentuk file CSV.

g. Output data

Dari spesifikasi yang ada, antarmuka dapat menampilkan output data berupa data pengunjung secara real time, data wajah pengunjung, dan video rekaman pengunjung.

h. Harga

Harga dari sebuah perangkat merupakan salah satu factor yang mempengaruhi dalam menentukan suatu sistem yang digunakan. Kriteria harga ini bertujuan agar sistem yang akan diimplementasikan nanti tidak menimbulkan banyak pengeluaran.

i. Hemat Daya

Konsumsi daya dari suatu perangkat menjadi factor lain agar suatu sistem yang akan diimplementasikan tidak mengalami ketugian. Konsumsi daya yang sangat tinggi akan menyebabkan sistem tidak optimal dalam bekerja pada waktu yang lama.

j. Waktu Pengembangan

Waktu untuk mengembangkan suatu sistem juga menjadi pertimbangan dalam memilih sistem yang digunakan. Keterbatasan waktu yang tersedia untuk membuat proyek tugas akhir ini mengharuskan agar alat yang dikembangkan selesai tepat waktu.

### 2.2.2 Analisis konsep

Analisis setiap konsep sistem yang diusulkan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya.

a. Proses Instalasi

Proses instalasi atau pemasangan kamera dan SBC dari ketiga sistem pada pintu adalah sama. Untuk *alternative design 1* dengan kamera 180° kamera dapat dipasang pada pintu dengan lebar kisaran 1-3 meter. Sementara untuk *alternative design 2* dan *alternative design 3* dengan masing-masing menggunakan 2 buah kamera, juga dapat dipasang pada pintu dengan lebar kisaran 1-3 meter. Pada kriteria ini keseluruhan desain memiliki nilai komparasi yang sama.

b. Beban Kerja

Pada sistem dengan 2 kamera SBC melakukan pengambilan video dari dua kamera dari dua port USB yang dimiliki. Kemudian dilakukan pendeteksian pengunjung dan pencacahan dari kedua kamera tersebut. SBC juga melakukan penyimpanan dari kedua video yang ditangkap. Kemudian dari video yang ditangkap dilakukan pemotongan apabila terdeteksi adanya pengunjung dan data potongan wajah tersebut akan dikirimkan ke pc utama dengan koneksi Ethernet. Pada sistem kedua, SBC tidak melakukan streaming video yang ditangkap oleh kamera, melainkan PC telah mengambil data dari kamera secara langsung untuk streaming video. Sistem dengan 2 pc tidak mengurangi beban yang diterima SBC karena hanya akan memisahkan proses utama pengenalan wajah menjadi modular dalam 2 pc namun tidak mengurangi beban yang dikerjakan oleh SBC.

c. Resolusi kamera

Pada *alternative desain I* digunakan kamera 180 derajat. Kamera 180 derajat umumnya menggunakan 1 buah kamera yang dilengkapi dengan lensa fisheye sehingga dapat mencakup sudut 180°. Resolusi sensor tidak mengalami peningkatan akibat adanya lensa tambahan tersebut. Pada resolusi yang sama, ketajaman gambar akan terdegradasi sebanding dengan cakupan sudut penglihatan dari kamera. Alternatif *desain II* dan *alternative desain III* menggunakan sistem perangkat keras kamera yang sama yaitu 2 buah kamera yang masing-masing digunakan untuk mendeteksi pengunjung yang masuk dan keluar. Ketajaman gambar tiap kamera tidak tereduksi akibat adanya penambahan lensa.

d. Kompleksitas normalisasi gambar

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, kamera 180° menggunakan lensa *fisheye* agar dapat mencakup sudut penglihatan yang lebar. Karena proses optik tersebut maka dihasilkan gambar yang tidak planar. Diperlukan transformasi tambahan agar gambar dapat diproses lebih lanjut. Pada Alternatif II dan III tidak diperlukan transformasi tambahan untuk memproses data.

e. Fleksibilitas Kamera

Kamera ini umumnya diletakkan pada langit-langit gedung dengan arah pengelihatannya yang tidak dapat diatur. Gambar dari kamera 180°, pada alternative design I, hanya dapat diatur dengan mengatur posisi dan peletakan kamera. Pada alternative design II dan III digunakan kamera standar dengan arah pengelihatannya yang dapat diatur dan disesuaikan dengan leluasa. Dibutuhkan perangkat *casing* tambahan untuk menunjang pengaturan sikap kamera tersebut.

f. Data logging

Keseluruhan alternative design yang diajukan dapat menyimpan data keluar dan masuk gedung dalam bentuk file CSV. Hal tersebut bertujuan agar data dapat diakses sewaktu-waktu jika diperlukan. Pada kriteria ini keseluruhan desain memiliki nilai komparasi yang sama.

g. Output data

Keseluruhan alternative design yang diajukan dapat menampilkan data pengunjung keluar dan masuk gedung, data wajah pengunjung dan video rekaman pengunjung pada setiap antarmukanya. Perbedaan hanya terdapat pada alternative design II. Perbedaannya yaitu bahwa alternative design II menampilkan data wajah pengunjung hasil *face recognition* pada saat yang dibutuhkan saja. Sedangkan alternative design I dan III akan menampilkan semua data secara bersamaan. Pada kriteria ini keseluruhan desain memiliki nilai komparasi yang sama.

h. Harga

Alternative design I terdiri atas sebuah kamera dengan jangkauan 180°, SBC dan sebuah komputer. Alternative design II terdiri atas dua buah kamera, SBC dan sebuah komputer. Alternative design III terdiri atas dua buah kamera, SBC dan dua buah komputer. Dari alternative design yang ada, alternative design III memiliki harga yang lebih mahal dari yang lainnya karena menggunakan dua buah komputer. Sementara untuk perbedaan harga sebuah kamera dengan jangkauan 180° dengan dua buah kamera biasa bergantung dari spesifikasi yang dimiliki oleh masing-masingnya.

i. Hemat Daya

Penggunaan dua buah komputer pada alternative design III menghabiskan lebih banyak daya dibandingkan yang lainnya. Sementara untuk alternative design I dengan pemrosesan real-time untuk menampilkan data hasil pencacahan jumlah pengunjung, data wajah pengunjung serta video rekaman pengunjung secara bersamaan akan lebih menghabiskan daya dibandingkan alternative design II dengan pemrosesan dilakukan secara non real-time. Non real-time yang dimaksud adalah pemrosesan terhadap *face recognition* bergantung dari keinginan pengguna.

j. Waktu Pengembangan

Berdasarkan kriteria ini, waktu untuk mengembangkan alternative design II lebih cepat dari yang lainnya. Hal ini disebabkan karena desain ini mengembangkan sistem non real time. Sedangkan untuk alternative design I dan III mengembangkan sistem secara real time. Selain itu, untuk alternative design III membuat dua buah program yang berbeda pada dua computer yang berbeda.

## 2.3 Sistem yang akan dikembangkan

### 2.3.1 Metode pemilihan

Dalam menentukan alternative design yang dipilih pada proyek tugas akhir ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Decision Matrix*. Metode ini digunakan untuk memudahkan pengimplementasian parameter kualitatif menjadi kuantitatif. Langkah pertama yang diperlukan untuk menggunakan metode ini adalah menuliskan parameter atau kriteria apa yang menjadi pertimbangan dalam penentuan keputusan. Selanjutnya membandingkan antara kriteria satu dengan yang lainnya berdasarkan kepentingan dari kriteria tersebut dalam desain. Perbandingan antara kriteria ini dibuat dalam bentuk *pairwise comparison table*. Tabel komparasi ini bertujuan untuk mengkuantifikasi prioritas kriteria terhadap kriteria lainnya. Setelah setiap kriteria memiliki nilai *weight* masing-masing akan menjadi dasar dalam penentuan bobot (*weight*) pada tabel *decision matrix*. Setelah dilakukan pembobotan pada level kriteria, selanjutnya perlu dilakukan pembobotan untuk level alternatives (pilihan system yang ada).

Penskalaan pada tabel komparasi AHP adalah dari skala 1-9. Penskalaan ini mengikuti *rule* pada AHP itu sendiri yaitu

- 1 : sama penting berkaitan dengan tujuan yang ingin dicapai
- 3 : salah satunya sedikit lebih penting (level moderate)
- 5 : tingkat kepentingannya melebihi yang satunya
- 7 : sangat penting dibandingkan yang lainnya
- 9 : perbedaan kepentingannya sangat ekstrim
- 2,4,6,8 : tingkat kepentingannya berada diantara dua buah skala

Pada subbab 2.2, terdapat 10 buah kriteria yang akan menentukan pemilihan desain yang digunakan untuk tugas akhir. Kriteria tersebut diantaranya :

- Proses Instalasi
- Beban Kerja
- Resolusi Kamera
- Normalisasi Gambar
- Fleksibilitas Kamera
- Data Logging
- Output Data
- Harga
- Hemat Daya
- Waktu Pengembangan

Dari sepuluh buah kriteria tersebut, untuk kriteria proses instalasi, data logging, dan output data memiliki nilai komparasi yang sama untuk setiap desain alternative. Oleh karena itu, tiga buah kriteria tersebut tidak dimasukkan dalam penskalaan AHP dan decision matrix.

Sebelum melakukan analisis AHP, tujuh kriteria lainnya akan dibandingkan satu dengan lainnya untuk memperoleh rasionalisasi yang diperlukan untuk penskalaan AHP.

	Beban Kerja	Resolusi Kamera	Normalisasi Gambar	Fleksibilitas Kamera	Harga	Hemat Daya	Waktu Pengembangan
Beban Kerja	1,00	Keandalan sistem lebih dipengaruhi oleh baban kerja dibandingkan resolusi kamera	Beban kerja lebih menentukan untuk hasil pengenalan realtime	Keandalan sistem lebih dipengaruhi oleh baban kerja dibandingkan fleksibilitas	Performansi sistem lebih dipentingkan sehingga beban kerja lebih diprioritaskan	Psda sistem lebih dibutuhkan performansi sehingga lebih dibutuhkan optimalisasi pada beban kerja	Beban kerja dan waktu pengembangan memiliki bobot yang sama
Resolusi Kamera		1,00	Pengenalan wajah lebih ditekankan pada fitur dari wajah, sehingga resolusi yang dibutuhkan	Fleksibilitas dapat tergantikan dengan resolusi kamera yang tinggi	Resolusi menentukan hasil utama dari alat sehingga lebih diprioritaskan	Performa sistem berbanding lurus dengan resolusi kamera dan terbalik dengan daya	Waktu pengembangan lebih ditekankan dalam tugas akhir
Normalisasi Gambar			1,00	Normalisasi dapat menggantikan frleksibilitas kamera	Normalisasi dan harga memiliki prioritas yang sama	Normalisasi meningkatkan perfirma sistem, pengurangan daya mengurangi performa sistem	Waktu pengembangan lebih ditekankan dalam tugas akhir
Fleksibilitas Kamera				1,00	Fleksibilitas lebih dipentingkan karena sistem dibuat memfokuskan pada keandalan sistem	Performa sistem berbanding lurus dengan fleksibilitas dan terbalik dengan daya	OWaktu pengembangan lebih ditekankan dalam tugas akhir
Harga					1,00	Pada sistem harga akan menentukan performa, sedangkan hemat daya dapat mengurangi performa	Waktu pengembangan lebih dipentingkan berkaitan dengan waktu pengembangan tugas akhir
Hemat Daya						1,00	Waktu pengembangan lebih dipentingkan daripada hemat daya dalam membuat tugas akhir.
Waktu Pengembangan							1,00

**Tabel 1. Rasionalisasi pada level kriteria**

Selanjutnya dari rasionalisasi di atas, dilakukan analisis AHP untuk memperoleh bobot dari masing-masing kriteria yang akan digunakan pada decision matrix. Berikut adalah hasil analisis AHP terhadap kriteria-kriteria tersebut.

	Beban Kerja	Resolusi Kamera	Normalisasi Gambar	Fleksibilitas Kamera	Harga	Hemat Daya	Waktu Pengembangan	Geometric Mean	Weight
Beban Kerja	1,00	3,00	3,00	5,00	2,00	5,00	1,00	2,39	0,38
Resolusi Kamera	0,33	1,00	3,00	4,00	0,50	5,00	0,50	1,26	0,20
Normalisasi Gambar	0,33	0,33	1,00	0,50	1,00	3,00	0,50	0,70	0,11
Fleksibilitas Kamera	0,20	0,25	2,00	1,00	0,33	2,00	0,25	0,56	0,09
Harga	0,50	2,00	1,00	3,00	1,00	5,00	0,50	1,33	0,21
Hemat Daya	0,20	0,20	0,33	0,50	0,20	1,00	0,20	0,31	0,05
Waktu Pengembangan	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00	5,00	1,00	2,06	0,33
Total								6,223790475	1

**Tabel 2. Hasil pembobotan pada level kriteria**

Dari table di atas diperoleh bobot untuk masing-masing kriteria yang digunakan untuk analisis *decision matrix* yaitu

- Beban Kerja = 0.38
- Resolusi Kamera = 0.20
- Normalisasi Gambar = 0.11

- Fleksibilitas Kamera = 0.09
- Harga = 0.21
- Hemat Daya = 0.05
- Waktu Pengembangan = 0.33

Setelah melakukan pembobotan di level kriteria, selanjutnya dilakukan pembobotan di level alternatif. Pembobotan di level alternatif ini dilakukan untuk setiap kriteria yang ada dengan metode AHP. Berikut hasil pembobotan di level alternative yang diperoleh.

	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Geometric Mean	Weight
Desain 1	1,00	1,00	0,25	0,63	0,17
Desain 2	1,00	1,00	0,25	0,63	0,17
Desain 3	4,00	4,00	1,00	2,52	0,67
Beban Kerja				3,78	1,00

**Tabel 3. Hasil pembobotan di level alternatif dengan kriteria beban kerja**

	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Geometric Mean	Weight
Desain 1	1,00	0,20	0,20	0,34	0,09
Desain 2	5,00	1,00	1,00	1,71	0,45
Desain 3	5,00	1,00	1,00	1,71	0,45
Resolusi Kamera				3,76	1,00

**Tabel 4. Hasil pembobotan di level alternatif dengan kriteria resolusi kamera**

	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Geometric Mean	Weight
Desain 1	1,00	0,17	0,17	0,30	0,08
Desain 2	6,00	1,00	1,00	1,82	0,46
Desain 3	6,00	1,00	1,00	1,82	0,46
Normalisasi Gambar				3,94	1,00

**Tabel 5. Hasil pembobotan di level alternatif dengan kriteria normalisasi gambar**

	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Geometric Mean	Weight
Desain 1	1,00	0,20	0,20	0,34	0,09
Desain 2	5,00	1,00	1,00	1,71	0,45
Desain 3	5,00	1,00	1,00	1,71	0,45
Fleksibilitas Kamera				3,76	1,00

**Tabel 6. Hasil pembobotan di level alternatif dengan kriteria fleksibilitas kamera**

	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Geometric Mean	Weight
Desain 1	1,00	1,00	7,00	1,91	0,47
Desain 2	1,00	1,00	7,00	1,91	0,47
Desain 3	0,14	0,14	1,00	0,27	0,07
Harga				4,10	1,00

**Tabel 7. Hasil pembobotan di level alternatif dengan kriteria harga**

	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Geometric Mean	Weight
Desain 1	1,00	0,33	5,00	1,19	0,28
Desain 2	3,00	1,00	7,00	2,76	0,65
Desain 3	0,20	0,14	1,00	0,31	0,07
Hemat Daya				4,25	1,00

**Tabel 8. Hasil pembobotan di level alternatif dengan kriteria hemat daya**

	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Geometric Mean	Weight
Desain 1	1,00	0,20	3,00	0,84	0,19
Desain 2	5,00	1,00	6,00	3,11	0,72
Desain 3	0,33	0,17	1,00	0,38	0,09
Waktu Pengembangan				4,33	1,00

**Tabel 9. Hasil pembobotan di level alternatif dengan kriteria waktu pengembangan**

Setelah didapatkan semua parameter pembobotan pada level kriteria dan level alternatif dengan metode AHP, selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan *decision matrix*.

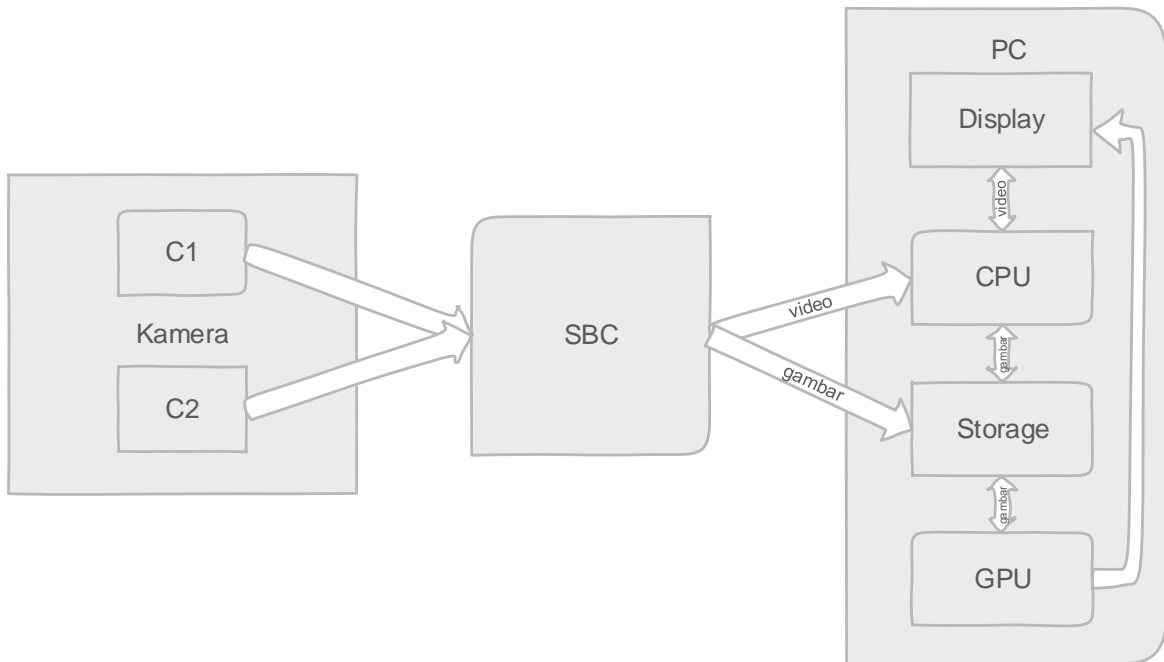
	Bobot	Desain 1	Desain 2	Desain 3
Beban Kerja	0,38	0,17	0,17	0,67
Resolusi Kamera	0,2	0,09	0,45	0,45
Normalisasi Gambar	0,11	0,08	0,46	0,46
Fleksibilitas Kamera	0,09	0,09	0,45	0,45
Harga	0,21	0,47	0,47	0,07
Hemat Daya	0,05	0,28	0,65	0,07
Waktu Pengembangan	0,33	0,19	0,72	0,09
Score		0,27	0,61	0,48

Berdasarkan analisis dengan menggunakan *decision matrix*, *alternative design* terpilih adalah desain system 2.



### 2.3.2 Konsep sistem terpilih

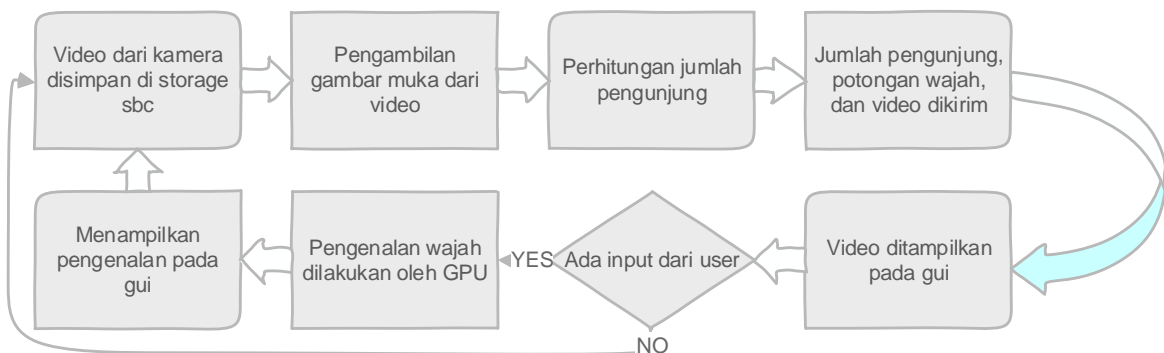
Berdasarkan hasil perhitungan kriteria desain yang terpilih adalah sedain alternatif 2. Diagram sistem terpilih dapat dilihat pada gambar di bawah.



**Gambar 8. Desain system terpilih**

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, dalam alternatif desain terpilih digunakan 2 buah kamera untuk mengambil foto pengunjung yang masuk dan pengunjung yang keluar dari gedung. Kamera ini akan memasuki sebuah perangkat keras *embedded board* untuk diproses. *Embedded board* akan melakukan pencacahan jumlah pengunjung dan segmentasi wajah pengunjung. Video, data jumlah pengunjung dan gambar wajah pengunjung dikirimkan ke komputer utama menggunakan jaringan LAN.

Berikut adalah algoritma yang diimplementasikan pada system 2



**Gambar 9. Algoritma utama desain system terpilih**

Data pencacahan dan video akan langsung ditampilkan pada display. Sedangkan data segmentasi wajah disimpan dalam memori. Gambar wajah hanya diproses bila pemilik gedung ingin melakukan identifikasi wajah. Bila fitur ini dijalankan, komputer utama akan berhenti menerima data gambar dari *embedded board* lalu menjalankan algoritma *face recognition*.

Perbedaan utama dari alternatif ini dibandingkan dengan alternatif lainnya terletak pada proses *face recognition*. Dengan menjalankan proses pengenalan wajah secara *non-real time*, beban kerja komputer utama menjadi lebih ringan. Proses *face recognition*, juga dapat dijalankan dengan lebih optimal.

Pengimplementasian desain tersebut membutuhkan beberapa *hardware* seperti kamera dan *embedded board*. Terdapat beberapa pilihan perangkat keras yang dapat digunakan dalam sistem ini. Deskripsi mengenai alternatif hardware akan dijelaskan pada bagian di bawah.

## Kamera

Kamera yang digunakan adalah 2 buah kamera untuk melihat pengunjung yang masuk ke gedung dan keluar dari gedung. Pilihan kamera beserta spesifikasinya dirangkum dalam tabel di bawah. Dapat digunakan 2 buah kamera yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dari sistem.

	Pi Camera V1	Pi Camera V2	Logitech C170	Logitech C270
Connection type	CSI ribbon	CSI ribbon	USB 2.0	USB 2.0
Microphone	No	No	Mono	Noise Supresion
Optical Resolution	2592x1944 (5 MP) OV5647	3280x2464 (8 MP) Sony IMX219	640 x 480 (0.3 MP)	1280 x 960 (1.2 MP)
Field of view	(Horz) 53.50±0.13° (Vert) 41.41±0.11°	(Horz) 62.2° (Vert) 48.8°	58°	60°
Focal length	3.6mm	3.04mm	2.3 mm	4.0 mm
Video resolution	Any ratio from 1x1 to 2592x1944	Any ratio from 1x1 to 3280x2464	(4:3 SD) 320x240 640x480 (16:9 W) 320x180, 360p	(4:3 SD) 320x240, 640x480, 800x600 (16:9 W) 360p, 480p, 720p,
Frame rate	1080p30, 720p60 and 640 × 480p60/90	1080p30, 720p60 and 640 × 480p60/90	640x480@30	640x480@30
Harga*	Rp 337,550	Rp 405,045	Rp 379,000	Rp 556,000

\*harga diambil dari web resmi ([raspberrypi.org](http://raspberrypi.org)) dan ([www.logitech.com/id-id/](http://www.logitech.com/id-id/)).

Harga kamera raspberry merupakan hasil konversi dari dolar dan belum termasuk ongkos kirim internasional.

Secara garis besar, terdapat 2 buah pilihan kamera yaitu kamera *webcam* dan kamera CSI. *Webcam* merupakan kamera modular yang dapat ditambahkan pada komputer. Kamera ini berinteraksi dengan komputer melalui jaringan USB. Data gambar dikirimkan melalui satu pin konduktor yang terdapat pada konektor USB. Pengaturan sistem resolusi gambar harus menggunakan perangkat lunak khusus. CSI merupakan sebuah konektor yang dikhususkan untuk mengirim gambar kamera. Berbeda dengan konektor USB, kamera tersebut mengirimkan data RGB dalam 10 bit bus[3]. CSI menggunakan protokol yang mirip dengan protokol kontrol sinyal monitor melalui VGA. Sebagai sebuah protokol parallel, transmisi menggunakan konektor CSI lebih cepat dibandingkan menggunakan USB. Resolusi dari gambar juga dapat diatur dengan lebih mudah melalui kontrol sinyal horizontal (HSNYCH) dan kontrol sinyal vertikal (VSNYCH). Selain itu, data USB *webcam* akan dikirimkan kepada CPU sedangkan, CSI tidak [4].

Konektor CSI merupakan konektor khusus yang tidak tersedia pada beberapa jenis *embedded board*. Umumnya, sebuah *embedded board* hanya mempunyai 1 buah konektor CSI sehingga untuk mengimplementasikan sistem 2 kamera dibutuhkan 1 buah kamera tambahan dengan jenis yang berbeda. Hal ini menimbulkan masalah tambahan. Gambar yang diambil dari kamera yang berbeda akan memiliki kualitas yang berbeda sehingga membutuhkan normalisasi.

Dapat disimpulkan bahwa kamera CSI memiliki fleksibilitas dan resolusi yang lebih baik tetapi memiliki kompatibilitas yang rendah. Selain itu beban normalisasi pada SBC juga lebih berat. Untuk menjaga performa sistem dan kompatibilitas maka digunakan kamera webcam. Dari kamera Logitech C170 dan Logitech C270 dipilih kamera yang memiliki kemampuan yang cocok untuk sistem yang dikembangkan. Kamera webcam yang dipilih adalah kamera C270 karena memiliki resolusi yang lebih beragam sehingga dapat disesuaikan dengan sistem yang dibuat.

### ***Embedded Board***

*Embedded board* akan digunakan untuk mengolah data video dan mengirimkan data ke komputer utama. Beberapa *Embedded Board* yang dapat digunakan dalam sistem tugas akhir ini adalah Raspberry Pi 3, Orange Pi-Plus, dan ODROID-C2.

	Raspberry Pi 3	Orange Pi Plus	ODROID-C2
CPU	ARM Cortex-A53 1.2 GHz Quad-core	ARM Cortex-A7 1.536 GHz Quad-core	ARM Cortex-A53 1.5 GHz Quad-core
GPU	400Mhz VideoCore IV	Mali400MP2 600MHz · Supports OpenGL ES 2.0	Mali™-450 GPU (3 Pixel-processors + 2 Vertex shader processors)
RAM	1 GB LPDDR2	1GB DDR3	2 GB DDR3
<i>Storage</i>	microSD (SDHC)	microSD (SDHC) 8GB EMMC Flash	microSD (SDHC)
USB	4 port USB 2.0	4 port USB 2.0	4 port USB 2.0
Dimensi	85.6mm x 56.5mm x 17.0mm	85mm x 55mm	85mm x 56mm x 18.0mm

GPIO	40 pin	40 pin	32 pin
Sistem Operasi	OS berbasis Ubuntu Windows 10 IoT Motion OS (khusus kamera <i>surveillance</i> )	Semua OS berbasis Linux	OS berbasis Ubuntu OS berbasis Android
Ethernet	10/100	10/100/1000	GbE
Wi-Fi	b/g/n	b/g/n	Tidak ada
Bluetooth	4.1	Tidak ada	Tidak ada
HDMI	1.4	1.0	2.0
CSI Port (Kamera)	Ada	Ada	Tidak ada
DSI Port (Touchscreen display)	Ada	Tidak ada	Tidak ada
Daya (idle)	1.3W	1.5W	1.8W
Daya (max)	3W	10W	10W
Harga*	\$35	\$40	\$46

\*Harga didapatkan dari web resmi *developer* dari masing-masing *embedded board*

Selain dari spesifikasi tersebut terdapat perbandingan *benchmark* dengan menggunakan metode test standar. Test yang digunakan adalah

- Jhon the Ripper : Merupakan sebuah test berdasarkan algoritma blowfish yang digunakan untuk memecahkan *password*.
- C-Ray : Test performa operasi *floating-point* yang digunakan untuk membentuk jalur lintasan cahaya. Pengujian dilakukan dengan menjalankan 16 *thread* dalam setiap *core* dan membentuk sebuah gambar 1600x1200 pixel.
- Smalpt: Smallpt adalah sebuah program C++ yang digunakan untuk *render* efek pencahayaan menggunakan *unbiased Monte Carlo path tracing* dan multithreading dengan menggunakan OpenMP
- Himeno Benchmark : Program untuk menyelesaikan persamaan linear tekanan Poisson dengan menggunakan metode Jacobi.
- OpenSSL : OpenSSL merupakan sebuah perangkat *open-source* yang digunakan untuk mengimplementasikan SSL (*secure sockets layer*) dan TLS (*transport layer security*). Pengujian ini akan digunakan untuk menghitung performa sistem saat melakukan kriptografi RSA 4096-bit dengan menggunakan OpenSSL.
- FLAC Audio Encoding : Pengukuran waktu proses yang digunakan untuk melakukan konversi WAV-FLAC-WAV sebanyak 3 kali.
- Timed MAFFT Alignment : Digunakan untuk mengukur performa sistem saat melakukan pengurutan 100 rantai pyruvate decarboxylase.

Dalam test ini Raspberry Pi 3 dijalankan dengan sistem operasi Raspbian, Orange Pi Plus dijalankan dengan sistem operasi Armbian, ODROID-C2 dijalankan dengan sistem

operasi Ubuntu. Untuk melakukan Merujuk pada referensi [1], didapatkan hasil komparasi adalah sebagai berikut.

Test	Raspberry Pi 3	Orange Pi Plus	ODROID-C2	Keterangan (lebih baik jika)
Jhon The Ripper	599	540	866	Lebih besar
C-Ray	250.79	350.07	188.41	Lebih kecil
Smallpt	1390	1549	925	Lebih kecil
Himeo Benchmark	60.28	68.01	72.08	Lebih besar
OpenSSL	20.69	17.13	21.07	Lebih besar
FLAC Audio Encoding	237.30	231.38	155.22	Lebih kecil
Timed MAFFT Alignment	61.06	63.17	34.87	Lebih kecil

Keterangan :

Merah = Nilai dengan performa paling buruk

Hijau = Nilai dengan performa paling baik

Dari hasil di atas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut. Berdasarkan semua jenis test, ODROID-C2 memiliki performa yang paling baik. Tetapi ODROID-C2 memiliki kelemahan dengan minimnya perangkat penunjang seperti WiFi dan konektor CSI serta harga yang lebih mahal di banding perangkat lain. Raspberry Pi 3 memiliki performa yang cukup baik, dengan harga yang paling murah dan perangkat pendukung yang lengkap. Perangkat lainnya, yaitu Orange Pi Plus, memiliki performa paling rendah, mendukung perangkat WiFi dan CSI konektor tetapi tidak memiliki Bluetooth dan DSI konektor.

Pada bagian pemilihan desain, desain terpilih memiliki beban kerja SBC yang paling berat. Oleh karena itu, dibutuhkan perangkat SBC dengan performa yang baik. Perangkat penunjang pengembangan seperti modul WiFi, dapat ditambahkan pada sistem dengan modul tambahan. Dengan pertimbangan ini dipilihlah perangkat SBC yaitu ODROID-C2.

### 3 Desain Sistem

Proses desain dilakukan secara iteratif dan bertahap. Metode dekomposisi yang digunakan adalah *top-down*, yaitu dari diagram blok level tinggi dipecah sampai diagram blok terendah. Diagram blok *Hardware* berakhir pada rangkaian. Diagram blok *Software* berakhir dengan *function call* terendah berikut model perilakunya.

Penentuan sub-blok dari diagram sistem dilakukan dengan mempertimbangkan alternatif desain dan melakukan *trade-off* untuk pilihan-pilihan yang ada. Untuk membantu dalam menentukan pilihan, dapat dilakukan simulasi, *prototyping*, atau pengujian.

Dalam membuat desain sistem, hal yang penting untuk diperhatikan adalah *interfacing*. Bagaimana metode komunikasi antar sub-blok, format data, dan sebagainya.

Semua kegiatan yang dilakukan dalam proses desain harus tercatat di dalam dokumen ini.

#### 3.1 Pemodelan Fungsional Sistem

Pemodelan dilakukan dengan cara pemecahan/dekomposisi sistem berdasarkan diagram blok dari konsep sistem yang terpilih. Pemodelan menghasilkan beberapa tingkat sub-sistem. Setiap sub-sistem memiliki deskripsi berupa:

- Masukan,
- Luaran, dan
- Fungsinya.

#### 3.2 Pemodelan Tingkah Laku Sistem

Berisi deskripsi sistem berdasarkan *behavior*(tingkah laku/aturan) sistem dan sub-sistemnya. Deskripsi yang dimaksud antara lain berupa:

- *state diagram*
- *flowchart*
- *data flow diagram*
- *entity relationship diagram*

## 4 Lampiran

Lampirkan dokumen pendukung yang terkait, misalnya dokumen standard yang terkait produk ini serta dokumen rujukan biaya.





