

**KLASIFIKASI USIA BERDASARKAN KECEPATAN BERJALAN
MANUSIA BERBASIS VIDEO PROCESSING**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Galang Ihza Al Hazar

16524053

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2020

LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI USIA BERDASARKAN KECEPATAN BERJALAN MANUSIA BERBASIS VIDEO PROCESSING

TUGAS AKHIR

ISLAM

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Disusun oleh:

**Galang Ihza Al Hazar
16524053**

Yogyakarta, 10 – Juli – 2020

Menyetujui,

Pembimbing

3180yjl

**Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd, M.Eng
155231301**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

KLASIFIKASI USIA BERDASARKAN KECEPATAN BERJALAN MANUSIA BERBASIS VIDEO PROCESSING

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Galang Ihza Al Hazar

16524053

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 10 Juli 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd, M.Eng

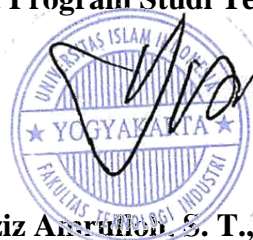
Anggota Penguji 1: Ida Nurcahyani, ST, M.Eng

Anggota Penguji 2: Sisdarmanto Adinandra, ST, M.Sc., Ph.D

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 10 Juli 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Anwarulloh, S. T., M. Eng., Ph. D.

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 10 Juli 2020



Galang Ihza Al Hazar

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul KLASIFIKASI USIA BERDASARKAN KECEPATAN BERJALAN MANUSIA BERBASIS VIDEO PROCESSING . Tidak lupa juga shalawat serta salam kita panjatkan pada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menjadi pribadi yang lebih baik.

Atas petunjuk dan ridho-Nya jualah Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Kelancaran dalam mempersiapkan dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada:

1. Papah saya Sarwanto dan Mamah saya Esti Harini yang selalu memberikan doa, semangat, nasihat, serta dukungan selama proses penelitian dan laporan tugas akhir.
2. Kakak-kakak saya Miftha Nurul dan Alan Iqbal yang selalu mendukung dan memberikan bantuan dalam mengerjakan laporan tugas akhir ini.
3. Adik Akmal yang selalu mendukung si penulis dalam mengerjakan penelitian dan laporan tugas akhir.
4. Seluruh keluarga saya yang berada di Prambanan
5. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
6. Ibu Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberi bantuan dan pengarahan hingga terselesaikan laporan Tugas Akhir ini.
7. Para dosen dan karyawan program studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman Elektro konsentrasi Telekomunikasi yang selalu memberikan tawa, dukungan, motivasi, dan teman berlomba untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini
9. Saudara-saudara keluarga besar Teknik Elektro UII angkatan 2016 yang telah mengajarkan kepada saya arti kekeluargaan dan kebersamaan

10. Keluarga besar Trah Gedibel di Prambanan yang selalu menemani saya saat saya susah senang sakit maupun sehat
11. Sahabat- sahabat KKN unit 05 Ezra, Geo, Mahader, Tika, Puput, dan Eigha yang selalu menjadi motivator penulis ketika di semester tua.
12. Semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan masukan, dorongan dan semangat dalam menyelesaikan Laporan tugas akhir ini.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 10 Juli 2020



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Galang', is positioned to the right of the UII logo.

Galang Ihza Al Hazar

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

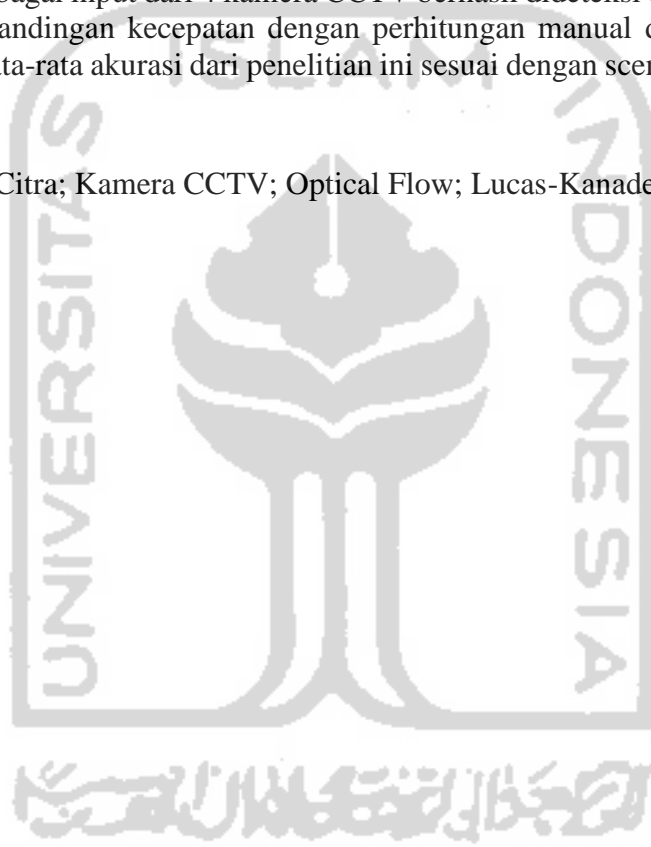
m	= Baris pada pixel
n	= Kolom pada pixel
Voxel	= <i>Volume Pixel</i>
CCTV	= <i>Closed Circuit Television</i>
$I(x, y, t)$	= Intensitas Optical Flow
I_x	= Gradient intensitas pixel pada sumbu x
I_y	= Gradient intensitas pixel pada sumbu y
I_t	= Gradient intensitas pixel pada ranah waktu
V_r	= Kecepatan rata-rata
V_{rx}	= Kecepatan rata-rata pada sumbu x
V_{ry}	= Kecepatan rata-rata pada sumbu y
V_x	= Kecepatan pixel pada sumbu x
V_y	= Kecepatan pixel pada sumbu y
Q_n	= Pixel ke- n
RGB	= <i>Red Green Blue</i>
GMM	= <i>Gaussian Mixture model</i>
m/s	= <i>Meter per second</i>
ROI	= <i>Region of Interest</i>



ABSTRAK

Pergerakan kecepatan berjalan setiap manusia berbeda-beda, salah satu faktor yang mempengaruhi perbedaan kecepatan berjalan adalah usia seseorang. Berdasarkan kecepatannya usia sendiri dibagi menjadi 3 yaitu usia anak-anak dengan kecepatan 1.6m/s, usia dewasa 1.4m/s, dan usia tua 1.2m/s. Pada penelitian ini akan dilakukan klasifikasi usia seseorang berdasarkan kecepatan berjalan, menggunakan *offline* video dari 4 kamera CCTV yang ditempatkan pada 4 sudut pandang yang berbeda. Masing-masing kamera menghasilkan 5 skenario input data yang berbeda sehingga total data input yang digunakan berjumlah 20 video *offline* dengan metode deteksi Optical flow. Metode optical flow akan menghitung nilai kecepatan setiap frame dan pergerakan suatu objek. Hasil perhitungan kecepatan berdasarkan algoritma optical flow akan dibandingkan dengan menggunakan perhitungan kecepatan manual. Hasil dari penelitian adalah 20 video yang digunakan sebagai input dari 4 kamera CCTV berhasil dideteksi dengan menggunakan Optical flow. Pada perbandingan kecepatan dengan perhitungan manual didapat nilai rata-rata error sebesar 4.3% dan rata-rata akurasi dari penelitian ini sesuai dengan scenario data yang dibuat sebesar 76%.

Kata kunci: Pengolahan Citra; Kamera CCTV; Optical Flow; Lucas-Kanade



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	12
1.1 Latar Belakang Masalah	12
1.2 Rumusan Masalah.....	13
1.3 Batasan Masalah	13
1.4 Tujuan Penelitian	13
1.5 Manfaat Penelitian.....	13
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Studi Literatur	14
2.2 Tinjauan Teori.....	15
2.2.1 Usia	15
2.2.2 Kecepatan Berjalan menurut Usia	16
2.2.3 Citra Digital	17
2.2.4 Jenis-jenis citra Digital	17
2.2.5 <i>Optical Flow</i>	18
2.2.6 Algoritma <i>Lucas-Kanade Optical Flow</i>	20
2.3 Metode Evaluasi	21
BAB 3 METODOLOGI.....	22

3.1 Alur Penelitian	22
3.1.1 Pengambilan Data	22
3.1.2 Alur Penelitian	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil deteksi arah objek dengan <i>Optical Flow</i> dan deteksi manual	31
4.2 Klasifikasi usia berdasarkan kecepatan	32
4.2.2 Pembahasan hasil dan analisis deteksi kecepatan berjalan manusia pada kamera 1 ..	33
4.2.3 Pembahasan hasil dan analisis deteksi kecepatan berjalan manusia pada kamera 2 ..	34
4.2.4 Pembahasan hasil dan analisis deteksi kecepatan berjalan manusia pada kamera 3 ..	35
4.2.5 Pembahasan hasil dan analisis deteksi kecepatan berjalan manusia pada kamera 4 ..	35
4.3 Analisa	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....	28
LAMPIRAN.....	1



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi citra digital dalam 2 dimensi	17
Gambar 2.2 Skema representasi <i>optical flow</i> dalam 2D	18
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2 Proses pengambilan data video menggunakan 4 titik kamera berbeda	24
Gambar 3.3 Diagram Alir Deteksi Kecepatan dan Klasifikasi Usia Manusi	25
Gambar 3.4 Nilai konversi RGB ke <i>Grayscale</i>	26
Gambar 3.5 Kecepatan yang telah dihitung	27
Gambar 3.6 Deteksi dan <i>Tracking</i> dengan menggunakan GMM dan <i>Kalman Filter</i>	28
Gambar 3.7 Kecepatan pada objek manusia	28
Gambar 3.8 Nilai rata-rata kecepatan pada objek manusia	29
Gambar 3.9 Klasifikasi hasil perhitungan rata-rata kecepatan	29



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Skenario dalam pengambilan data	22
Tabel 4.1 Perhitungan kecepatan dengan perhitungan manual masing masing data	31
Tabel 4.2 Hasil perbandingan deteksi kecepatan objek dengan <i>Optical Flow</i> dan dengan perhitungan kecepatan secara manual	31
Tabel 4.3 Akurasi dan klasifikasi usia	30



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), Usia adalah lama waktu hidup atau ada (sejak dilahirkan maupun ditiadakan). Usia sendiri memiliki beberapa kategori yaitu usia muda, usia dewasa, dan usia lanjut. Menurut [1], kelompok umur manusia dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu kanak-kanak (5 - 11 tahun), remaja (12 – 25 tahun), dewasa (26 – 45 tahun), dan lansia (46 – 65 tahun). Usia juga mempengaruhi beberapa faktor dalam tubuh salah satunya adalah kecepatan berjalannya. Kecepatan berjalan seseorang berbeda – beda Menurut[2], rata-rata kecepatan berjalan kelompok anak – anak adalah 1.4m/s dan kecepatan berjalan kelompok dewasa adalah 1.2m/s sedangkan untuk kecepatan berjalan kelompok lansia adalah 1.0m/s.

Banyak faktor yang bisa dijadikan sebagai pendukung untuk mendeteksi usia seseorang. Salah satu faktor pendukung untuk mendeteksi usia seseorang adalah menggunakan kecepatan berjalannya. Metode yang bisa digunakan untuk mengkonversi suatu kecepatan berjalan menjadi deteksi usia adalah menggunakan *video processing*. *Video processing* adalah suatu bidang pengolahan video yang digunakan untuk memperbaiki suatu citra atau mendapatkan suatu informasi pada sebuah video, dan *video processing* bisa diaplikasikan pada perbaikan citra, karena sejatinya video adalah kumpulan citra yang dijalankan secara sekuensial.

Dalam penelitian teknik untuk mendeteksi suatu objek bergerak menggunakan *video offline* dari kamera CCTV dikenal dengan nama sistem deteksi gerak [3], penggunaan kamera dalam penelitian ini dimanfaatkan dengan menambahkan teknologi *video processing* di dalamnya. Dalam melakukan olah citra *video processing* diperlukan instrument sebuah komputer untuk mensimulasikannya. Dan parameter yang dipantau dalam penelitian ini adalah kecepatan rata-rata orang berjalan.

Pergerakan dan kecepatan berjalan manusia adalah hal yang bisa diukur oleh otak manusia dengan rumus kecepatan, tapi tidak dengan kamera CCTV yang hanya merekam kejadian saja tanpa mengetahui seberapa kecepatan yang dilalui objek tersebut. Penelitian ini menggunakan metode *Optical Flow* untuk mendeteksi kecepatan pergerakan perpindahan objek. Hasil dari *Optical Flow* tersebut yang akan mengelompokan usia seseorang berdasarkan kecepatan pergerakannya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mendeteksi kecepatan berjalan manusia berbasis *video processing* ?
2. Bagaimana unjuk kerja kecepatan berjalan manusia berbasis *video processing* ?

1.3 Batasan Masalah

1. Kamera CCTV yang digunakan berjumlah 4 buah masing-masing berada pada setiap sudut ruangan.
2. Objek yang berada didalam ruangan berjumlah satu orang.
3. Sistem pencahayaan didalam ruangan percobaan harus memadai sehingga video yang akan diambil terdeteksi dengan jelas.
4. Video CCTV yang digunakan ialah secara *offline* (rekaman video).

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kecepatan berjalan manusia berbasis *video processing*.
2. Untuk mengklasifikasikan usia berdasarkan hasil dari kecepatan berjalan berbasis *video processing*.
3. Untuk mengetahui unjuk kerja deteksi kecepatan manusia berbasis *video processing*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sistem yang dianalisa dapat mengklasifikasikan kedalam kelompok usia berdasarkan kecepatan berjalannya, sehingga mempermudah dalam pendataan hanya dengan melalui kamera CCTV.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian yang berkaitan secara tidak langsung tentang deteksi arah pergerakan manusia ini sudah banyak dilakukan.

Penelitian [4] dengan judul "Implementasi Perhitungan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Metode *Optical Flow* Berbasis *Video Processing*" membahas mengenai perhitungan kecepatan kendaraan menggunakan metode *Optical Flow*. Untuk bisa mendapatkan pergerakan dan kecepatan suatu obyek tersebut dibutuhkan formula turunan dari *optical flow* yaitu *Lucas-Kanade* algorithm dengan mencari nilai Densitas plotting. Pemilihan nilai densitas vektor, selisih frame yang dibandingkan nilai pikselnya, kernel filter median akan menentukan hasil sistem. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil optimum pada densitas 3 dengan nilai MAE rata-rata untuk semua kondisi adalah 2,2, selisih frame 1 dengan nilai MAE pada kondisi pagi adalah 2,27, 1,89 untuk siang dan 2,50 untuk sore, dan ukuran kernel filter median adalah 3 untuk kondisi pagi dan sore dengan MAE masing-masing adalah 2,25 dan 2,04, sedangkan ukuran kernel median filter 9 untuk kondisi sore dengan nilai MAE 1,36. variasi kecepatan kendaraan adalah 10km/jam, 20km/jam, 30km/jam, 40km/jam, 50km/jam, dan 60km/jam sehingga untuk masing-masing kecepatan terdapat 4 video yang berbeda. Jadi representasi jarak tempuh aktual melalui nilai piksel pada frame juga dipertimbangkan.

Pada tahun 2017, Achmad Romli melakukan penelitian untuk mengukur kecepatan kendaraan dengan menggunakan fitur *Optical Flow*. Dengan menentukan skala perbandingan, memilih area, memproses area terpilih dengan metode Improved Three Frame Difference, menghitung nilai *optical flow* dari objek pada area, dan menghitung kecepatan dari objek yang diperoleh dari nilai *optical flow* objek dikalikan dengan skala perbandingan. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil metode *optical flow* Horn-Schunck mampu mendeteksi kecepatan kendaraan dengan tingkat akurasi paling tinggi 89,37% [5].

Penelitian lain yang berfokus pada pendeteksian pergerakan [3], mereka melakukan sebuah penelitian tentang "Deteksi Gerak dengan Menggunakan Metode Frame Differences pada IP Camera" dimana mereka menggunakan algoritma frame difference yang digunakan dalam mendeteksi gerak suatu citra. Pengujian dengan menggunakan citra RGB dan YCbCr memberikan rekomendasi nilai threshold terbaik yang bisa diterapkan untuk aplikasi pemantau rumah dengan menggunakan IP Camera. Nilai threshold ini didapat dengan menggunakan 50 sampel data citra. Pengujian ini menunjukkan bahwa citra RGB dengan menggunakan model komputasi rata-rata

dengan nilai threshold 35 menghasilkan nilai pengujian terbaik. Selanjutnya algoritma ini akan ditanam dan diuji coba ke sistem pemantau rumah dengan menggunakan IP Camera.

Pada penelitian [1], tentang “Klasifikasi Kelompok Umur Manusia Berdasarkan Analisis Dimensi Fraktal Box Counting Dari Citra Wajah Dengan Deteksi Tepi Canny” dengan menggunakan metode fraktal box counting dan Deteksi tepi Canny digunakan untuk mendapatkan penampakan kerutan wajah yang lebih jelas. Data citra diolah menjadi citra *grayscale* yang kemudian dilakukan deteksi tepi Canny. Setelah didapat citra tepi wajah kemudian dilakukan penghitungan dimensi fraktal box counting. Nilai dimensi fraktal digunakan untuk klasifikasi. Data citra dibagi secara acak menggunakan metode k-fold cross validation ($k=5$) menjadi 5 partisi dan dilakukan 5 kali iterasi. Kemudian dilakukan klasifikasi dari tiap data citra menggunakan metode κNN (κ -Nearest Neighbor) dengan percobaan nilai $\kappa=1, 2, 3, \dots$, dan 12. Didapat nilai akurasi paling optimal yaitu 98,33% ketika nilai $\kappa=2$.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Usia

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), Usia adalah lama waktu hidup atau ada (sejak dilahirkan maupun ditiadakan). Kelompok umur manusia dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu kanak-kanak (5 - 11 tahun), remaja (12 - 25 tahun), dewasa (26 - 45 tahun), dan lansia (46 - 65 tahun) [1]. Masa dewasa dibagi menjadi 3:

➤ Masa dewasa awal

Masa dewasa awal adalah masa pencaharian kemandirian dan masa reproduktif yaitu suatu masa yang penuh dengan masalah dan ketegangan emosional, periode isolasi sosial, periode komitmen dan masa ketergantungan, perubahan nilai-nilai, kreativitas dan penyesuaian diri pada pola hidup yang baru. Kisaran umurnya antara 21 tahun sampai 40 tahun.

➤ Masa dewasa madya

Masa dewasa madya ini berlangsung dari umur 40 sampai 60 tahun. Ciri-ciri yang menyangkut pribadi dan sosial antara lain: masa dewasa madya merupakan masa transisi, dimana pria dan wanita meninggalkan ciri-ciri jasmani dan perilaku masa dewasanya dan memasuki suatu periode dalam kehidupannya dengan ciri-ciri jasmani dan perilaku yang baru. Perhatian terhadap agama lebih besar dibandingkan dengan masa sebelumnya, dan

kadang-kadang minat dan perhatiannya terhadap agama ini dilandasi kebutuhan pribadi dan sosial.

➤ Masa usia lanjut

Usia lanjut adalah periode penutup rentang dalam kehidupan seseorang. Masa ini dimulai dari umur 60 sampai mati, yang ditandai dengan adanya perubahan fisik dan psikologis yang mulai menurun

Berdasarkan uraian di atas, pengertian usia madya adalah usia setengah baya yang dipandang sebagai masa usia antara 40 sampai 60 tahun. Masa tersebut ditandai oleh adanya perubahan fisik, mental serta perubahan minat dan merupakan masa kritis dimana baik generativitas/kecenderungan untuk menghasilkan dan stagnansi atau kecenderungan untuk tetap berhenti akan dominan.

2.2.2 Kecepatan Berjalan menurut Usia

Kecepatan berjalan manusia dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti usia, kelamin, tingkat mobilitas, waktu hari. Menurut [2], rata-rata kecepatan berjalan kelompok anak – anak adalah 1.4m/s dan kecepatan berjalan kelompok dewasa adalah 1.2m/s sedangkan untuk kecepatan berjalan kelompok lansia adalah 1.0m/s. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 Kecepatan berjalan berdasarkan usia

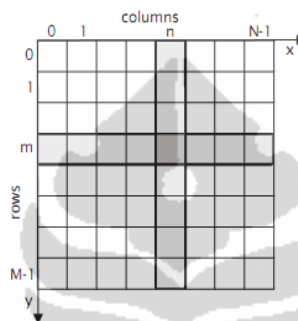
Usia	Kecepatan Berjalan
Anak-anak	1.4 m/s
Dewasa	1.2 m/s
Lansia	1.0 m/s

Dari tabel 2.1 diatas didapat dari percobaan yang dilakukan oleh Francesco Pinna dan Roberto Murrau yang dilakukan di pusat kota Oristano, Cagliari, Italia. Dengan total pejalan kaki 14.182 pejalan kaki dan dilakukan pada tempat yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Hasil yang mereka amati menunjukkan pejalan kaki yang lebih muda berjalan lebih cepat daripada yang lain, dengan perbedaan 19.2% dengan yang lebih tua.

Pada penelitian ini kategori standar rata-rata kecepatan berjalan manusia berdasarkan usia yang ditunjukkan pada table 2.1 dijadikan acuan untuk pengelompokan atau klasifikasi usia seseorang berdasarkan kecepatannya.

2.2.3 Citra Digital

Pengolahan citra digital (Digital Image Processing) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud disini adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari webcam). Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan computer [6]. Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus dipresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Representasi dari fungsi kontinu menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi citra. Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi $f(x,y)$ yang terdiri dari M kolom dan N baris. Representasi citra digital digambarkan seperti Gambar 2. 1 dan perpotongan antara kolom M dan baris N disebut *pixel* (picture element) atau element paling kecil pada sebuah citra.



Gambar 2.1 Representasi citra digital dalam 2 dimensi [6]

2.2.4 Jenis-jenis citra Digital

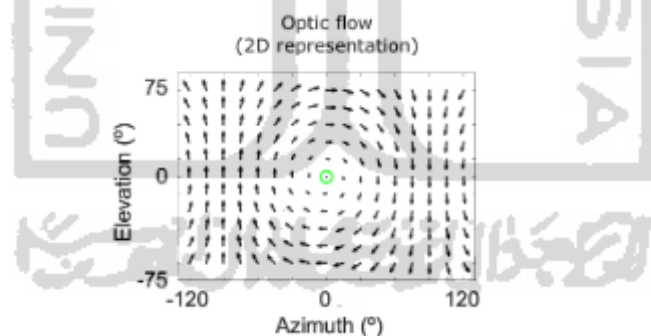
Pada umumnya pengolahan citra digital dibagi menjadi 3 yaitu citra warna, citra Biner dan citra *Grayscale*.

- Citra warna adalah jenis citra yang memiliki kombinasi tiga warna dasar yaitu RGB (Red Green Blue). Warna pada setiap piksel ditentukan dari kombinasi RGB, format *file* citra menyimpan citra RGB sebagai citra 24bit dengan masing-masing merah, hijau, dan biru memiliki ukuran 8 bit dan jika dikombinasikan menjadi 16 juta warna.
- Citra Biner Setiap piksel hanya memiliki dua kemungkinan nilai, seperti *on* dan *off*. Pada citra biner dianggap sebagai tipe khusus dari citra intensitas yang hanya terdapat dua warna yaitu hitam dan putih yang diwakili angka 0 (*off*) dan 1 (*on*) [7].
- Citra *Grayscale*

Citra *Grayscale* hanya memiliki satu channel warna dan juga merupakan citra yang mempresentasikan berbagai intensitas atau derajat keabuan. Nilai yang dihasilkan hanyalah nilai intensitas atau *grayscale* [7], nilai 0 berarti hitam dan nilai 1, 255 berarti intensitas penuh atau putih.

2.2.5 *Optical Flow*

Optical Flow adalah perkiraan gerakan suatu bagian dari sebuah citra berdasarkan turunan intensitas cahayanya pada sebuah sekuen citra, bisa didefinisikan sebagai suatu gerakan yang terlihat karena adanya pola *brightness* citra dengan asumsi bahwa *brightness* tiap citra konstan dari waktu ke waktu. Pada ruang 2D hal ini berarti seberapa jauh suatu piksel citra berpindah diantara dua frame citra yang berurutan. Sedangkan pada ruang 3D hal ini berarti seberapa jauh suatu volume piksel (*voxel*) berpindah pada dua volume yang berurutan. Perhitungan turunan dilakukan berdasarkan perubahan intensitas cahaya pada kedua frame citra maupun volume. Perubahan intensitas cahaya pada suatu bagian citra dapat disebabkan oleh gerakan yang dilakukan oleh obyek, gerakan sumber cahaya, ataupun perubahan sudut pandang [8]. *Optical Flow* ini berperan penting untuk mendefinisikan dan tracking terhadap objek yang digunakan sebagai point of interest atau marker yang akan dibaca oleh kamera dan diinterpretasikan oleh *software* [9].



Gambar 2.2 Skema representasi *optical flow* dalam 2D [9]

Optical Flow pada deteksi objek bergerak adalah memperkirakan gerakan suatu bagian dari sebuah citra berdasarkan turunan intensitas cahaya pada sebuah sekuen citra. *Optical Flow* mengasumsikan bahwa aliran/flow atau intensitas cahaya di suatu gambar pada dasarnya adalah konstant seperti dengan persamaan (2.1) berikut ini: $(x(t), y(t), t)$

$$I_{(x(t), y(t), t)} = \text{Constant} \quad (2.1)$$

$I_{(x(t), y(t), t)}$ merupakan intensitas cahaya pada *optical flow* Sebuah pixel pada posisi awal (x, y, t) dengan intensitas $I_{(x(t), y(t), t)}$ akan bergerak sejauh dx , dy dan dt antara dua frame gambar seperti persamaan (2.2) :

$$\begin{aligned} 0 &= I_{(x+dx, y+dy, t+dt)} - I_{(x, y, t)} \\ I_{(x, y, t)} &= I_{(x+dx, y+dy, t+dt)} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Kedua *Optical Flow* mengasumsikan bahwa pergerakan adalah sangat kecil, maka persamaan $I(x, y, t)$ dikembangkan menjadi persamaan (2.3):

$$\begin{aligned} I_{(x+dx, y+dy, t+dt)} &= I_{(x, y, t)} + \frac{dI}{dx} dx + \frac{dI}{dy} dy + \frac{dI}{dt} dt \\ \frac{dI}{dx} dx + \frac{dI}{dy} dy + \frac{dI}{dt} dt &= I_{(x+dx, y+dy, t+dt)} - I_{(x, y, t)} \\ \frac{dI}{dx} dx + \frac{dI}{dy} dy + \frac{dI}{dt} dt &= 0 \end{aligned} \quad (2.3)$$

Lalu dideferensialkan terhadap waktu :

$$\frac{dI}{dx} \frac{dx}{dt} + \frac{dI}{dy} \frac{dy}{dt} + \frac{dI}{dt} = 0 \quad (2.4)$$

Karena kecepatan adalah turunan fungsi terhadap waktu, maka menjadi persamaan (2.5) :

$$\begin{aligned} \frac{dI}{dx} V_x + \frac{dI}{dy} V_y + \frac{dI}{dt} &= 0 \\ \frac{dI}{dx} V_x + \frac{dI}{dy} V_y &= -\frac{dI}{dt} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Dengan V_x , V_y adalah komponen kecepatan dari *Optical Flow* $I_{(x, y, t)}$, serta $\frac{dI}{dx}$, $\frac{dI}{dy}$, $\frac{dI}{dt}$ merupakan derivatif parsial dari citra $I_{(x, y, t)}$ yang berubah menjadi I_x , I_y , I_t maka persamaannya akan berubah menjadi seperti persamaan (2.6):

$$I_x V_x + I_y V_y = -I_t \quad (2.6)$$

Keterangan :

I_x = Gradien intensitas pixel pada sumbu x

I_y = Gradien intensitas pixel pada sumbu y

I_t = Gradien intensitas pixel pada ranah waktu

V_x = Kecepatan pada pixel sumbu x

V_y = Kecepatan pada pixel sumbu y

Persamaan 2.6 ini nantinya akan digunakan sebagai persamaan untuk menentukan objek yang terdapat pada sebuah citra. Karena terdapat dua variabel dalam satu persamaan, maka persamaan 2.6 tidak dapat diselesaikan. Maka dibutuhkan metode pengembangan untuk menentukan V_x dan V_y pada persamaan diatas dengan metode *Lucas-Kanade*.

2.2.6 Algoritma *Lucas-Kanade Optical Flow*

Algoritma *Lucas-Kanade*, pertama kali diajukan pada tahun 1981, awalnya adalah sebuah usaha untuk mencari teknik registrasi citra yang cepat dengan memanfaatkan gradient intensitas spasial [8]. Algoritma *Lucas-Kanade* dapat mengukur posisi, arah gerak, besar pergerakan yang dilakukan dan kecepatan gerak dengan perubahan intensitas frame[10]. Metode *Lucas-kanade* mengasumsikan bahwa perpindahan objek dari dua frame yang kecil dan konstan dalam lingkungan titik p yang menjadi pertimbangan. Jadi persamaan optik dapat dianggap berlaku untuk semua piksel dalam window yang berpusat di titik p . Yakni kecepatan vektor (V_x, V_y) harus memenuhi persamaan :

$$I_x(q_n)V_x + I_y(q_n)V_y = -I_t(q_n) \quad (2.7)$$

Dimana q_n adalah piksel dalam window, dan $I_x(q_i), I_y(q_i), I_t(q_i)$ adalah *derivatif parsial* (turunan parsial) dari gambar yang berhubungan dengan posisi x, y , dan waktu t , yang dievaluasi pada titik q_i dan pada waktu saat ini. Persamaan ini dapat ditulis dalam bentuk matriks $Av = b$, dimana :

$$A = \begin{bmatrix} I_x(q_1) & I_y(q_1) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(q_n) & I_y(q_n) \end{bmatrix}, v = \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} -I_t(q_1) \\ -I_t(q_2) \\ \vdots \\ -I_t(q_n) \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Dalam perkalian matriks akan menjadi:

$$A v = (-b) \quad (2.9)$$

Karena pada penelitian ini yang dicari adalah nilai kecepatan objek pada sebuah video maka dibutuhkan persamaan tambahan yaitu untuk menghitung nilai *velocity* dengan persamaan 2.10:

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

$$\mathbf{Vr} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1} \quad (2.10)$$

Dimana r berisi informasi x dan y , apabila dinyatakan dalam vector satuan maka akan menjadi persamaan (2.11):

$$\mathbf{Vr} = \frac{\Delta x_i + \Delta y_j}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \mathbf{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \mathbf{j}$$

$$Vr = Vr_x + Vr_y \quad (2.11)$$

Dengan persamaan 2.6, maka nilai Vr_x dan Vr_y akan didapatkan pada sebuah citra. Dan untuk mencari besar kecepatan rata-rata menggunakan persamaan 2.12 :

$$|Vr| = Vr = \sqrt{Vr_x^2 + Vr_y^2} \quad (2.12)$$

Keterangan :

Vr = Kecepatan rata-rata

Vr_x = Kecepatan pada pixel sumbu x

Vr_y = Kecepatan pada pixel sumbu y

Persamaan 2.12 adalah persamaan akhir yang nantinya akan diterapkan pada program matlab untuk mendapatkan nilai kecepatan objek pada suatu citra.

2.3 Metode Evaluasi

Metode Evaluasi pada penelitian ini adalah menampilkan kecepatan berjalan manusia dengan menggunakan *Optical Flow* lalu mengklasifikasikan hasil rata-rata dari perhitungan tersebut dan membandingkan hasil perhitungan *Optical Flow* dengan perhitungan kecepatan dengan menggunakan rumus fisika untuk dicari persentase nilai errornya.

Persamaan perhitungan kecepatan menggunakan rumus fisika :

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Waktu}} \quad (2.13)$$

Persamaan perhitungan error :

$$\text{Error} = \frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} * 100\% \quad (2.14)$$

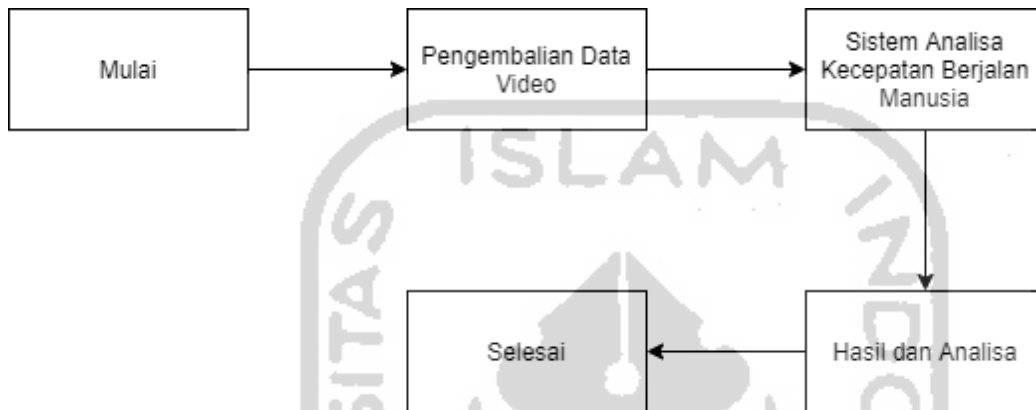
Persamaan perhitungan akurasi :

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Total prediksi benar}}{\text{Total data}} * 100\% \quad (2.15)$$

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Alur Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan dijelaskan pada diagram alir berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1.1 Pengambilan Data

Langkah awal dalam penelitian ini adalah proses pengambilan data video sebagai data input yang akan diproses dan dideteksi. Data video diambil dengan cara berjalan sesuai dengan jarak yang telah ditentukan yaitu sejauh 5 meter. Terdapat beberapa skenario dalam pengambilan data seperti yang terlihat pada tabel 3.1 ini

Tabel 3.1 Skenario dalam pengambilan data

Skenario	Keterangan Usia	Jarak	Waktu tempuh
Skenario 1	Muda	5 meter	3.5 detik
Skenario 2	Dewasa	5 meter	3.9 detik
Skenario 3	Dewasa	5 meter	4.1 detik
Skenario 4	Tua	5 meter	5.0 detik
Skenario 5	Tua	5 meter	5.5 detik

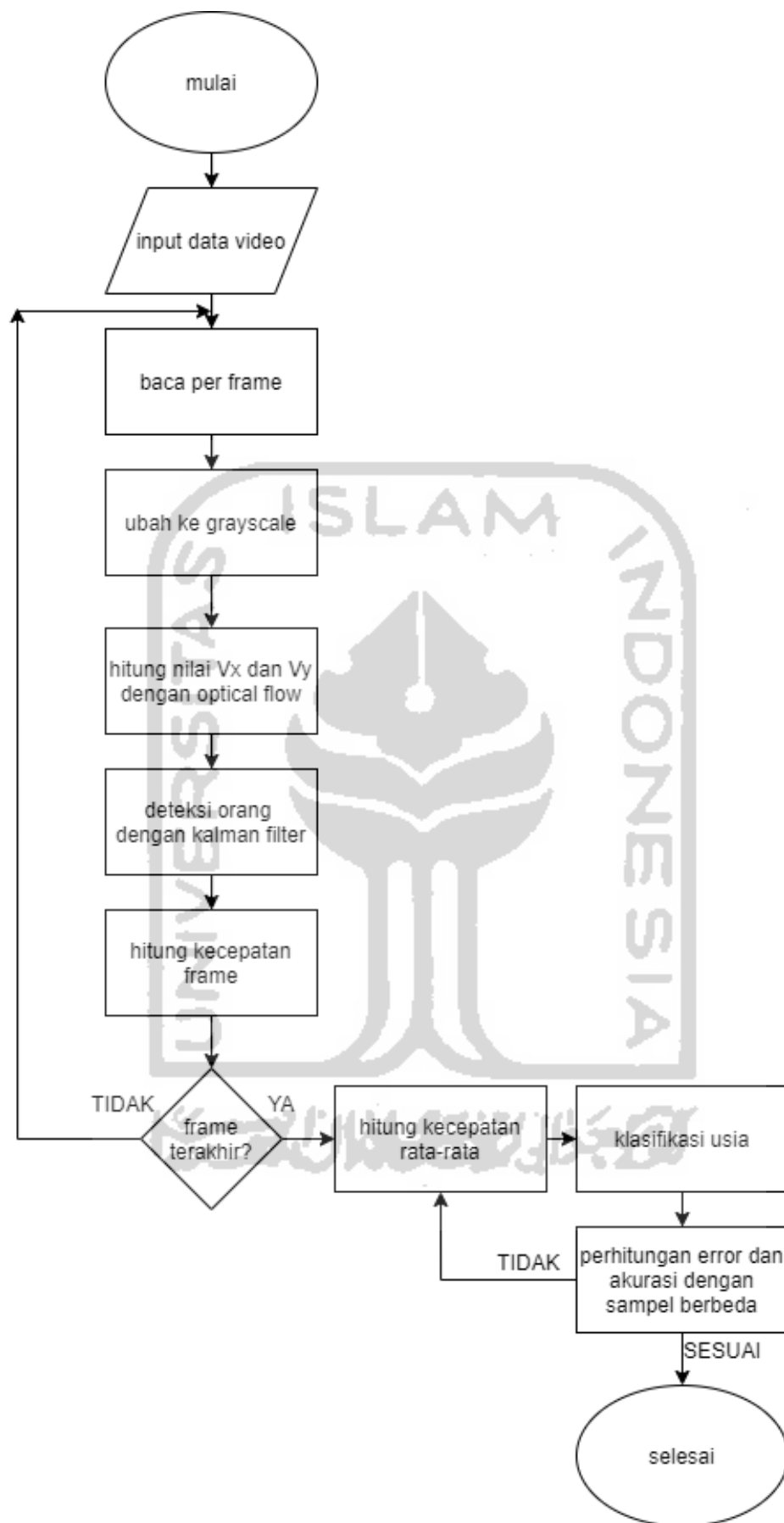
Data video diambil menggunakan CCTV yang telah terpasang pada setiap sudut pada ruangan Laboratorium Pemrograman Komputer UII. Pada pengambilan data video, sample objek manusia adalah voluntir yang notabenenya adalah mahasiswa Teknik Elektro dengan usia 22 Tahun dan bukan real objek dengan kategori usia yang sesungguhnya. Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali, namun dalam melakukan pengambilan data objek diminta untuk mengikuti skenario kecepatan berjalan usia muda, dewasa, dan lansia. Dengan asumsi skenario 1 objek tersebut harus berjalan lebih cepat layaknya seseorang berusia muda dengan kecepatan rata-rata 1.4 m/s, skenario 2 dan skenario 3 objek tersebut harus berjalan sedang layaknya seseorang berusia dewasa dengan kecepatan 1.2 m/s, skenario 4 dan skenario 5 objek tersebut harus berjalan lebih lambat layaknya seseorang berusia lansia dengan kecepatan 1.0 m/s [2]. Berdasarkan tabel 3.1 skenario 1 dilakukan oleh 2 orang voluntir mahasiswa elektro dimana salah satunya berfungsi sebagai pencatat waktu tempuh, dan voluntir satunya sebagai objek yang berjalan sesuai skenario yang telah dibuat maka waktu tempuh yang didapat sebesar 3.5 detik. Skenario 2 dan 3 dilakukan oleh voluntir yang sama dan didapatkan waktu tempuh masing-masing 3.9 detik dan 4.1 detik. Skenario 4 dan 5 voluntir diminta berjalan layaksa seorang lansia dan didapatkan waktu tempuh sebesar 5.0 detik dan 5.5 detik. Perhitungan dimulai saat objek menginjak tanda yang sudah dibuat diruangan dan diakhiri dengan objek menginjak tanda kedua yang ada pada ruangan percobaan, tanda ini sudah diukur panjangnya sebesar 5 meter. Alat yang digunakan dalam pengambilan data video ini adalah meteran yang digunakan untuk menghitung panjang lintasan yang digunakan untuk percobaan, aplikasi stopwatch pada sebuah smartphone yang digunakan untuk menghitung waktu tempuh yang dilalui oleh voluntir pada setiap skenario, dan 4 buah CCTV yang dipasang pada 4 titik sudut ruangan. Sehingga nanti hasil data yang didapatkan sebanyak 20 data video, dan Resolusi video yang dihasilkan adalah 432x240 pixel seperti pada gambar 3.2 ini.



Gambar 3.2 Proses pengambilan data video menggunakan 4 titik kamera berbeda

3.1.2 Alur Penelitian

Data video yang telah diambil akan dideteksi menggunakan algoritma *Lucas-Kanade Optical Flow* yaitu berdasarkan vektor arah dan kecepatannya. Pada tahap ini proses deteksi objek menggunakan algoritma *Lucas-Kanade Optical Flow* dirancang menggunakan bantuan *software Matlab (Matrix Laboratory) 2016* dimana setiap tahap deteksi menggunakan fungsi masing-masing untuk menyelesaikan penelitian ini seperti pada Gambar 3.3 berikut ini :



Gambar 3.3 Diagram Alir Deteksi Kecepatan dan Klasifikasi Usia Manusi

- Input Data Video

Pada analisa kecepatan langkah kaki objek input yang digunakan adalah data video yang direkam menggunakan kamera CCTV seperti pada langkah 3.1.1. Data yang dihasilkan oleh masing-masing kamera dengan objek berjalan maju dan dengan kecepatan yang berbeda-beda menghasilkan parameter kecepatan atau yang disebut *Velocity* pada *optical flow*.

- Baca perframe

Tahapan dalam pembacaan setiap frame dilakukan setelah data dimasukkan ke dalam program matlab adalah program akan membaca video secara perframe, karena secara teori video adalah sekumpulan frame yang bergerak.

- Ubah ke Greyscale

Pada proses ini citra yang awalnya berbentuk RGB akan diubah ke citra *Grayscale*, karena *Optical Flow* hanya bisa membaca inputan dari citra *Grayscale*. Nilai *Grayscale* memiliki rentan antara 0-255 pada derajat keabuan, rentan tersebut berasal dari *Grayscale* 8 bit seperti pada Gambar 3.4

	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	35		
196	143	143	143	143	143	144	144	144	144	145	141	142	142	141	141	141	145	31		
197	143	143	143	143	143	143	142	142	142	143	143	142	140	140	141	141	144	31		
198	143	143	143	143	143	143	142	142	142	143	141	142	140	140	141	141	144	31		
199	143	143	143	142	142	142	142	142	142	142	141	141	139	138	139	139	142	33		
200	142	142	142	141	141	141	140	140	140	138	139	140	137	138	137	138	141	32		
201	141	141	141	140	140	140	137	137	137	137	136	137	136	135	135	135	139	30		
202	141	141	141	140	140	140	137	137	137	136	136	134	135	134	134	134	140	30		
203	138	138	138	138	136	136	136	136	136	135	135	135	134	134	134	134	135	142	34	
204	137	137	138	138	136	136	136	136	136	136	135	135	134	133	133	131	136	128	25	
205	136	135	136	137	138	135	136	135	134	135	135	135	134	131	133	131	119	62	18	
206	135	135	135	135	135	134	136	136	135	136	135	135	135	132	128	111	70	19	19	
207	137	137	137	137	135	134	134	134	134	130	129	125	118	109	104	90	84	19	19	
208	112	110	109	109	107	105	98	95	93	88	86	81	76	76	59	69	14	14	14	
209	87	86	86	86	85	84	87	85	86	85	81	77	78	79	68	68	69	10	10	
210	86	86	86	89	82	85	87	88	78	80	78	80	87	78	64	74	71	7	7	
211	69	63	64	71	73	57	66	66	57	56	60	62	62	64	51	44	51	53	8	
212	54	55	53	52	53	51	52	49	48	48	46	47	41	41	43	50	10	10	10	
213	50	51	51	51	51	51	52	50	50	47	47	51	48	41	40	45	53	8	8	
214	50	51	50	50	50	50	51	51	47	49	47	47	49	45	43	45	52	12	12	
215	50	51	51	50	50	49	50	50	51	50	49	49	49	49	47	47	49	51	11	11
216	49	50	50	49	51	50	50	50	49	47	48	50	50	49	48	51	53	12	12	
217	50	50	49	49	49	50	50	50	49	47	48	49	50	50	50	50	52	8	8	
218	50	49	49	48	47	49	49	50	50	48	49	50	51	50	51	50	51	8	8	
219	49	49	49	49	49	49	50	50	50	49	49	50	51	50	51	51	50	10	10	

Gambar 3.4 Nilai konversi RGB ke *Grayscale*

- Hitung kecepatan dengan algoritma *Lucas-Kanade Optical Flow*

Setelah citra RGB diubah ke Greyscale, *optical flow* melalui metode *Lucas-Kanade* mulai menghitung kecepatan yang ada pada citra seperti pada Gambar 3.5.

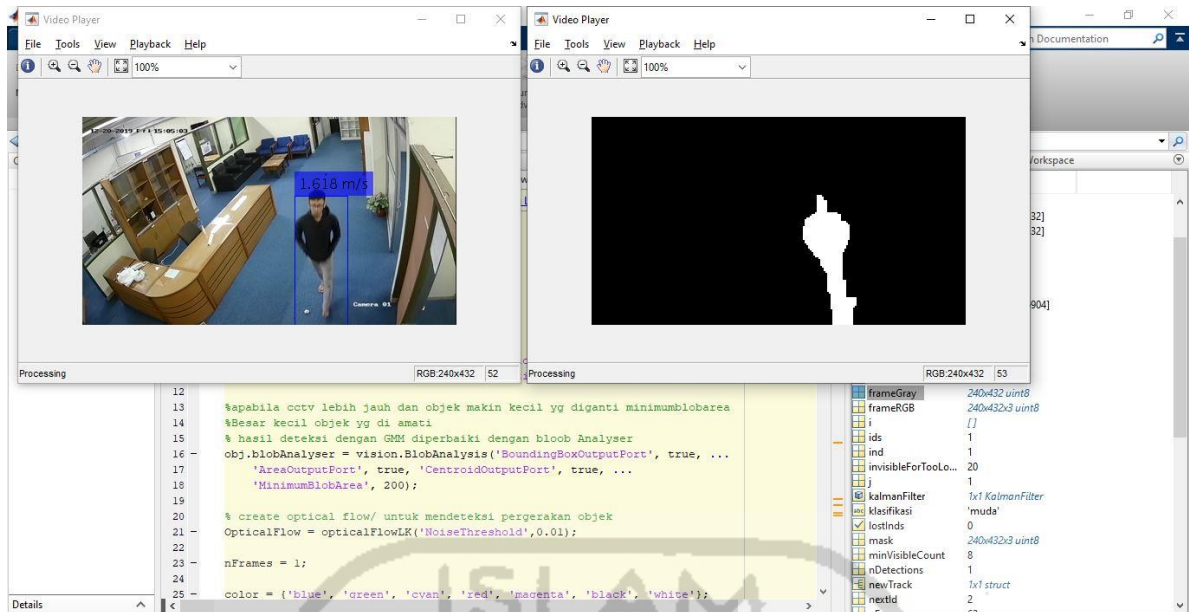
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0030	0.0027	0.0012	3.3306e-04	3.8262e-04	4.6414e-04	4.1763e-04	1.4743e-04	
147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0044	0.0015	2.2593e-04	5.3503e-04	7.4754e-04	6.2309e-04	1.5307e-04	
148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0054	0.0013	1.4220e-04	4.0897e-04	5.4285e-04	3.1118e-04	6.9185e-05	
149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0014	0.0012	5.2958e-04	8.3893e-05	1.8559e-04	4.2390e-05
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0010	0.0042	0.0036	0.0018	2.2715e-04	0.0014	0.0014	0.0014
151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0031	8.0657e-04	0.0042	0.0054	0.0038	5.6091e-04	0.0039	0.0039
152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0011	0.0029	0.0020	0.0029	0.0060	0.0049	5.3391e-04	0.0033	0.0033
153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.9935e-04	0.0021	0.0023	0.0012	0.0038	1.3059e-04	9.5945e-04	9.0018e-05
154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155	1.6419e-04	4.1992e-04	0	0	0	0	0	6.6548e-04	8.7892e-04	4.8599e-04	0.0021	0.0042	0.0020	4.3513e-04	3.0003e-04	2.8616e-04	1.5449e-04	4.3238e-05
156	6.7681e-04	0.0012	0	0	0	6.3220e-06	2.1712e-05	3.1320e-04	0.0010	7.1891e-04	0.0027	0.0041	0.0018	5.6565e-04	7.5403e-04	9.3082e-04	7.1071e-04	2.9270e-05
157	6.4138e-04	0.0017	0.0010	2.7725e-04	0	1.0455e-04	4.0289e-04	4.1072e-04	3.7118e-04	5.4711e-04	8.4355e-04	0.0013	5.2944e-04	3.6773e-04	9.4099e-04	0.0016	0.0018	0.0018
158	7.8879e-04	6.8081e-04	5.3028e-04	1.5150e-04	0	1.5407e-04	9.3435e-04	0.0020	0.0016	1.4658e-04	9.6305e-04	8.6948e-04	3.6649e-04	9.1888e-05	7.8123e-04	0.0020	0.0034	0.0034
159	1.7196e-04	1.6373e-04	1.3590e-04	3.7421e-05	0	1.2185e-04	0.0014	0.0034	0.0034	0.0011	8.7620e-04	0.0011	6.2038e-04	1.0500e-04	4.5700e-04	0.0016	0	0
160	0	0	0	0	0	3.2641e-05	0.0011	0.0026	0.0022	3.3192e-04	6.2814e-04	7.1838e-04	5.0945e-04	1.5736e-04	3.0764e-04	0	0	0
161	1.5213e-05	1.4862e-05	1.4920e-04	3.4702e-04	2.6266e-04	4.4233e-05	4.4866e-04	4.6857e-04	7.9032e-04	0.0016	0.0013	6.1023e-04	2.3141e-04	5.5825e-05	0	0	0	0
162	1.2917e-05	3.0579e-04	0.0012	0.0022	0.0013	2.2512e-04	7.4112e-05	5.3157e-04	0.0019	0.0028	0.0025	0.0012	9.1745e-07	0	0	0	0	0
163	8.9780e-05	9.8562e-04	0.0035	0.0047	0.0024	4.0828e-04	0	3.4125e-04	0.0013	0.0025	0.0032	0.0023	0	0	0	0	0	0
164	1.4821e-04	0.0016	0.0045	0.0047	0.0021	3.4106e-04	0	7.8029e-05	0.0012	4.1547e-04	0.0012	0.0025	0	0	0	0	0	0
165	1.1702e-04	0.0010	0.0025	0.0029	0.0017	6.1397e-04	1.5598e-04	2.5578e-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
166	3.0286e-05	2.0394e-04	0.0012	0.0025	0.0027	0.0018	8.3663e-04	1.9685e-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
167	0	0	8.8131e-04	0.0026	0.0038	0.0038	0.0025	8.3744e-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	0	0	4.9748e-04	0.0019	0.0038	0.0054	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 3.5 Kecepatan yang telah dihitung

Pada Gambar 3.5 diatas, nilai yang dikeluarkan beragam hal ini karena kecepatan yang dihitung adalah kecepatan keseluruhan pada citra bukan kecepatan yang untuk objek tertentu.

- Deteksi Orang dengan GMM dan *Kalman Filter*

Deteksi orang dengan menggunakan GMM (*Gaussian Mixture model*) yang berfungsi untuk mendeteksi *foreground* (latar depan/objek) dengan cara memisahkan nilai pixel yang tidak sesuai dengan distribusi Gaussian pada *background*. Sedangkan *Kalman filter* berfungsi untuk mentracking suatu objek yang telah didefinisikan oleh GMM. Pada saat objek bergerak atau frame berjalan maka *kalman filter* akan meprediksi pergerakan objek setiap frame-nya. Frame objek yang ditracking oleh *kalman filter* dan GMM akan disegmentasi dengan *Region of Interest* berupa segi empat untuk membatasi pixel frame objek dan sebagai visualisasi tracking. Jika frame objek yang di-tracking dari area awal telah melewati *detecting lane*, maka objek akan didefinsikan secara otomatis karena objek telah berada di area berikutnya. Sistem deteksi ini bekerja secara otomatis mulai dari identifikasi *foreground* dan *background* citra, *tracking*, dan visualisasi kecepatan dalam bentuk m/s (meter per *second*).



Gambar 3.6 Deteksi dan *Tracking* dengan menggunakan GMM dan *Kalman Filter*

- Hitung kecepatan hanya pada objek

Pada penelitian ini kecepatan yang di analisa adalah kecepatan manusia. Kecepatan yang dihitung dan analisa adalah kecepatan pada objek. Kecepatan pada objek dibedakan dengan adanya bbox pada objek untuk membedakan objek manusia dengan objek bergerak lainnya sehingga bisa dengan mudah untuk menganalisa orientasi yang ada pada objek manusia. Pada Gambar 3.7

	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257
164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
167	0	0	0	0	0.5268	0.5096	0.9425	0.2307	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	0	0	0	0	0.5697	0.6018	0.3422	0.1260	0.0578	0	0	0	0	0	0	0	0
169	0	0	0	0	0.3633	0.6352	0.7880	0.5984	0.1069	0.4339	0	0	0	0	0	0	1.0217
170	0	0	0	0	0.4029	0.7123	0.9606	0.8060	0.0357	0.2872	0.9566	0	0	0	0	0	0.9259
171	0	0	0	0	0.4224	0.7376	0.9909	0.8104	0.1675	0.0970	0.8241	0	0	0	0	0	0
172	0	0	0	0	0.4156	0.7322	0.9901	0.8975	0.2052	0.0077	0.7523	1.2703	0	0	0	0	0
173	0	0	0	0	0.4019	0.7290	1.0017	1.0594	0	0.0427	0.5984	1.0966	0	0	0	0	0
174	0	0	0	0	0.3865	0.7160	0.9670	1.1448	0	0.2300	0.1873	0.6016	0	0	0	0	0
175	0	0	0	0	0.6930	0.9662	1.2079	0	0.4905	0.2695	0.0736	0.5055	0	0	0	0	0
176	0	0	0	0	0.6761	0.9933	1.3054	0	0.6637	0.5599	0.3135	0	0	0	0	0	0
177	0	0	0	0	0.6685	1.0453	1.1165	0.2580	0.7446	0.6920	0.5142	0	0	0	0	0	0
178	0	0	0	0	0.6545	0.9379	0.5262	0.4640	0.7415	0.6979	0.5469	0	0	0	0	0	0.00846
179	0	0	0	0	0	0.6243	0.0479	0.6061	0.7012	0.6281	0	0	0	0	0	0	0.1508
180	0	0	0	0	0	0.2286	0.4559	1.3237	0.6657	0.5390	0	0	0	0	0	0	0.2703
181	0	0	0	0	0	0	0	0.7169	0.6386	0	0	0	0	0	0	0	0
182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7571	0
184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4871	0.5728	0
185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2935	0.3799	0
186	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1182	0.1586	0.2145

Gambar 3.7 Kecepatan pada objek manusia

- Nilai Rata-rata kecepatan

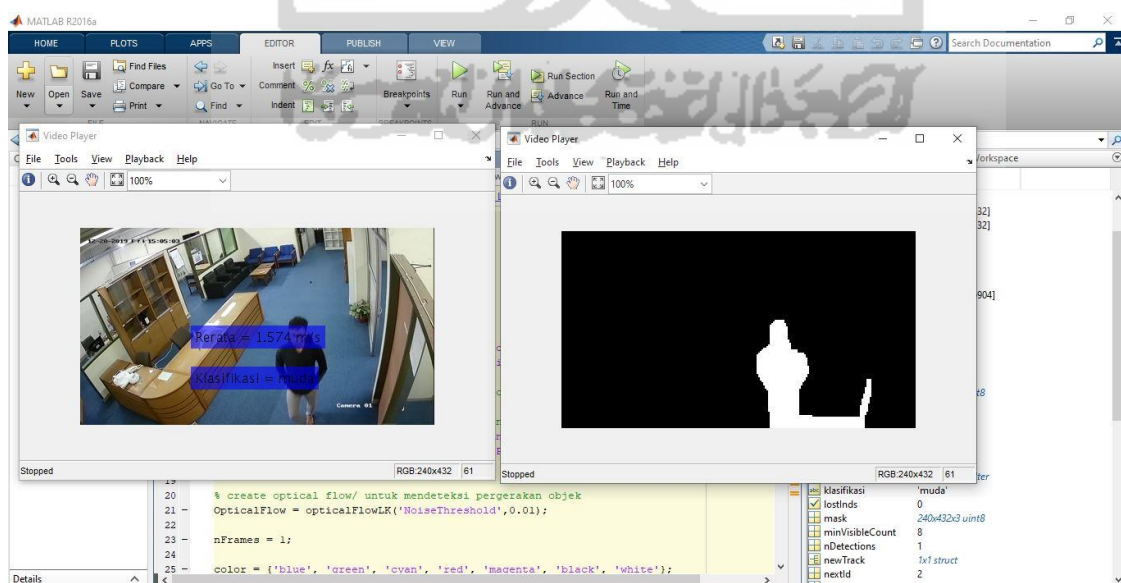
Hasil kecepatan pada objek manusia kemudian disatukan sehingga membentuk suatu nilai kesatuan yang nantinya akan dihitung untuk dicari nilai meannya. Seperti pada gambar 3.8

18	0
19	0
20	0
21	0
22	1.3142
23	1.1246
24	1.4728
25	1.2652
26	1.4946
27	1.3900
28	1.4857
29	1.3004
30	1.2694
31	1.0983

Gambar 3.8 Nilai rata-rata kecepatan pada objek manusia

- Klasifikasi kecepatan

Nilai kecepatan yang sudah dicari nilai mean nya selanjutnya dijumlahkan dan dicari rata-ratanya. Hasil rata-rata yang didapat akan diklasifikasikan sesuai dengan kelompok usianya yang telah ditentukan. Pada penelitian ini klasifikasi pengelompokan usia dibagi menjadi 3 bagian seperti pada Gambar 3.9 berikut :



Gambar 3.9 Klasifikasi hasil perhitungan rata-rata kecepatan

Pada Gambar 3.9 Frame terakhir akan ditentukan rata-ratanya yang nantinya hasil rata-rata tersebut akan dikelompokkan sesuai dengan kelompok usia menurut [11] dengan deskripsi sebagai berikut:

- Kelompok usia tua = kecepatan kurang dari atau sama dengan 1.2 m/s
- Kelompok usia dewasa = kecepatan kurang dari atau sama dengan 1.4 m/s
- Kelompok usia muda = kecepatan lebih dari 1.4 m/s



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil deteksi arah objek dengan *Optical Flow* dan deteksi manual

Pada bagian ini hasil perhitungan kecepatan berjalan manusia akan ditampilkan. Hasil perhitungan kecepatan berjalan manusia berasal dari video 4 kamera CCTV. Pada setiap kamera CCTV didapatkan hasil kecepatan yang sama pada setiap kamera. Hasil deteksi kecepatan berjalan manusia tersebut berjumlah 20 video dalam bentuk gambar hasil visualisasi dan klasifikasi usia. Hasil pendeteksian kecepatan berjalan manusia menggunakan *Optical Flow* akan dibandingkan dengan perhitungan kecepatan manual dengan menggunakan persamaan 8. Hasil perhitungan manual seperti pada tabel 4. 1.

Tabel 4.1 Perhitungan kecepatan dengan perhitungan manual masing masing data

Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5
1.4 m/s	1.28 m/s	1.21 m/s	1 m/s	0.9 m/s

Pada Tabel 4.1 merupakan hasil perhitungan kecepatan seseorang berjalan dengan menggunakan persamaan 8 oleh masing-masing data. Data diambil dengan jarak 5 meter, untuk data 1 ditempuh waktu selama 3.4 detik, Data 2 ditempuh waktu selama 3.9 detik, Data 3 ditempuh dalam waktu 4.1 detik, Data 4 ditempuh dalam waktu 5 detik, dan Data 5 ditempuh dalam waktu 5.5 detik.

Perbandingan perhitungan bukanlah perbandingan yang akurat dikarenakan perhitungan pada *Optical flow* memerlukan suatu kalibrasi pada CCTV sehingga perlu dilakukannya penambahan koefisien pada perhitungan *Optical flow*. Perbandingan ini dilakukan hanya untuk mengetahui secara garis besar tingkat keakuratan perhitungan kecepatan manusia dan mengklasifikasikannya kedalam kelompok usia.

Hasil deteksi kecepatan berjalan manusia menggunakan *Optical Flow* dan tingkat error yang dicapai dalam perbandingan deteksi kecepatan menggunakan *Optical flow* dan perhitungan manual akan di tampilkan pada Tabel 4.2 yang di lampirkan dibagian bawah laporan

4.2 Klasifikasi usia berdasarkan kecepatan

Tabel 4.3 Akurasi dan klasifikasi usia

Jenis usia berdasarkan paper [1]	Kecepatan berjalan berdasarkan [2]	Hasil deteksi dengan of	Scenario	Persentase akurasi $\frac{\text{Total prediksi benar}}{\text{Total data}} \times 100\%$	kesimpulan
Muda (12 – 25)	1.4 m/s	Data 1 Kamera 1 = 1.46m/s Data 1 Kamera 2 = 1.41m/s Data 1 Kamera 3 = 1.44m/s Data 1 Kamera 4 = 1.44m/s	Berjalan sedikit lebih cepat menyerupai anak muda	Akurasi = 100%	Sesuai
Dewasa (26-45)	1.2 m/s	Data 2 Kamera 1 = 1.23m/s Data 3 Kamera 1 = 1.29m/s Data 2 Kamera 2 = 1.32m/s Data 3 Kamera 2 = 1.30m/s Data 2 Kamera 3 = 1.28m/s Data 3 Kamera 3 = 1.21m/s Data 2 Kamera 4 = 1.31m/s Data 3 Kamera 4 = 1.28m/s	Berjalan dengan kecepatan sedang	Akurasi = 60%	Sesuai

Lansia (46–62)	1.0 m/s	Data 4 Kamera 1 = 0.92m/s Data 5 Kamera 1 = 1.05m/s Data 4 Kamera 2 = 0.90m/s Data 5 Kamera 2 = 0.87m/s Data 4 Kamera 3 = 1.07m/s Data 5 Kamera 3 = 0.80m/s Data 4 Kamera 4 = 0.99m/s Data 5 Kamera 4 = 0.87m/s	Berjalan sedikit lebih lambat menyerupai lansia	Akurasi = 50%	Sesuai
			Rata-rata akurasi	= 70%	

Dengan menggunakan persamaan 10 untuk mendapatkan hasil akurasi antara deteksi kecepatan dengan *optical flow* dengan kecepatan rata-rata usia ditampilkan seperti pada tabel 4.3

4.2.2 Pembahasan hasil dan analisis deteksi kecepatan berjalan manusia pada kamera 1

Pada Tabel 4. 3 hasil deteksi kecepatan berjalan manusia menggunakan *optical flow* yaitu pada kamera 1 menggunakan sampel data 1. Didapatkan hasil rata-rata 1.46 m/s dengan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan usia muda, dengan membandingkan dengan perhitungan manual yang mendapat nilai 1.4 m/s maka didapatkan persentase error sebesar 4.2%.

Pada data 2 didapatkan hasil perhitungan menggunakan *Optical flow* rata-rata kecepatan manusia berjalan sebesar 1.23 m/s dan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan usia dewasa, dengan membandingkan dengan perhitungan manual yang mendapat nilai 1.28 m/s maka didapatkan persentase error sebesar 3.9%.

Pada data 3 didapatkan hasil perhitungan rata-rata menggunakan *Optical flow* sebesar 1.297 m/s dan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan usia dewasa, dengan membandingkan

perhitungan *Optical flow* dan perhitungan manual yang mendapat nilai 1.21 m/s maka didapatkan persentase error sebesar 6.6%.

Pada data 4 perhitungan rata-rata kecepatan orang berjalan yang dihitung menggunakan *Optical flow* mendapatkan hasil sebesar 0.928 m/s. hasil tersebut menunjukkan bahwa data 4 masuk kedalam klasifikasi sebagai golongan usia tua. Apabila dibandingkan dengan perhitungan manual yang mendapatkan hasil sebesar 1 m/s maka diperoleh hasil persentase error sebesar 8%.

Data 5 pada pendeteksian kecepatan menggunakan kamera CCTV 1 mendapatkan nilai rata-rata hasil perhitungan *Optical flow* sebesar 1.05 m/s dan menunjukkan klasifikasi golongan usia tua, apabila dibandingkan dengan perhitungan manual yang mendapatkan nilai sebesar 0.9 m/s maka didapat persentase error sebesar 16%.

Analisis pada kamera 1 ini menunjukkan tingkat rata-rata error sebesar 7.74% error ini didapat karena pada data ke 5 memiliki error hingga 16% yang dikarenakan oleh objek pada video tidak terdeteksi dengan baik oleh optical flow sehingga memiliki tingkat error yang tinggi

4.2.3 Pembahasan hasil dan analisis deteksi kecepatan berjalan manusia pada kamera 2

Perhitungan kecepatan rata-rata orang berjalan menggunakan *Optical flow* pada kamera 2 dan data 1 didapatkan sebuah hasil sebesar 1.41 m/s dan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan usia muda. Apabila hasil tersebut dibandingkan dengan perhitungan manual yang memperoleh hasil 1.4 m/s maka akan didapatkan persentase error sebesar 0.7%

Pada data 2 perhitungan rata-rata kecepatan orang berjalan yang dihitung menggunakan *Optical flow* mendapatkan hasil sebesar 1.327 m/s. hasil tersebut menunjukkan bahwa data 2 masuk kedalam klasifikasi sebagai golongan usia dewasa. Apabila dibandingkan dengan perhitungan manual yang mendapatkan hasil sebesar 1.28 m/s maka diperoleh hasil persentase error sebesar 3.1%.

Hasil deteksi kecepatan berjalan manusia menggunakan *optical flow* yaitu pada kamera 2 menggunakan sampel data 3. Didapatkan hasil rata-rata 1.30 m/s dengan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan usia dewasa, dengan membandingkan dengan perhitungan manual yang mendapat nilai 1.21 m/s maka didapatkan persentase error sebesar 7.4%.

Perhitungan hasil kecepatan rata-rata berjalan manusia pada data 4 menunjukkan hasil 0.90 m/s dan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan usia tua, bandingkan dengan perhitungan manual yang mendapatkan nilai sebesar 1 m/s maka persentase error yang dihasilkan sebesar 10%.

Pada data 5 hasil dari perhitungan kecepatan rata-rata *optical flow* sebesar 0.877 m/s dan merupakan klasifikasi golongan usia tua. Jika dibandingkan dengan perhitungan manual yang mendapat hasil 0.9 m/s maka persentase error yang tercipta sebesar 3.3%.

Analisis pada kamera 2 menunjukkan tingkat error yang lebih sedikit dibanding kamera 1, terutama pada data ke 5 yang lebih terdeteksi objeknya dibandingkan kamera 1, dan data 1 yang memiliki hasil hampir mendekati 0% pada tingkat errornya.

4.2.4 Pembahasan hasil dan analisis deteksi kecepatan berjalan manusia pada kamera 3

Data 1 dengan menggunakan kamera 3 pada pendeteksian kecepatan rata-rata berjalan manusia mendapatkan nilai perhitungan *Optical flow* sebesar 1.44 m/s dan menunjukkan klasifikasi golongan usia muda, apabila dibandingkan dengan perhitungan manual yang mendapatkan nilai sebesar 1.4 m/s maka didapat persentase error sebesar 2.8%.

Perhitungan kecepatan pada data 2 didapatkan hasil perhitungan *Optical flow* sebesar 1.284 m/s dan masuk kedalam klasifikasi golongan usia dewasa, lalu pada perhitungan kecepatan secara manual didapatkan hasil sebesar 1.28 m/s, kedua perhitungan tersebut dibandingkan dan didapatkan nilai persentase error sebesar 0.3%.

Kecapatan rata-rata orang berjalan pada data 3 dengan perhitungan menggunakan *Optical flow* didapatkan hasil sebesar 1.215 m/s dan termasuk kedalam klasifikasi golongan usia dewasa, lalu pada perhitungan kecepatan secara manual didapatkan nilai sebesar 1.21 m/s. Hasil kedua perhitungan tersebut dibandingkan dan didapatkan nilai error sebesar 0.4%

Pada data 4 didapatkan hasil perhitungan rata-rata menggunakan *Optical flow* sebesar 1.078 m/s dan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan usia tua, dengan membandingkan perhitungan *Optical flow* dan perhitungan manual yang mendapat nilai 1 m/s maka didapatkan persentasi error sebesar 7%.

Perhitungan rata-rata kecepatan pada data 5 menggunakan *Optical flow* sebesar 0.802 m/s dan termasuk kedalam klasifikasi golongan usia tua, hasil pada perhitungan manual didapatkan nilai sebesar 0.9 m/s. maka perbandingan antara kedua perhitungan tersebut akan mendapatkan nilai persentase error sebesar 11%.

Analisis pada kamera 3, kamera 3 ini memiliki tingkat pendeteksian objek yang lebih baik dibanding ketiga kamera lainnya, hal ini terbukti bahwa pada data 3 dan data 4 tingkat error yang dihasilkan hampir 0% yang membuat nilai keakurasian penelitian ini meningkat.

4.2.5 Pembahasan hasil dan analisis deteksi kecepatan berjalan manusia pada kamera 4

Perhitungan kecepatan rata-rata orang berjalan menggunakan *Optical flow* pada kamera 4 dan data 1 didapatkan sebuah hasil sebesar 1.446 m/s dan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan

usia muda. Apabila hasil tersebut dibandingkan dengan perhitungan manual yang memperoleh hasil 1.4 m/s maka akan didapatkan persentase error sebesar 2.8%.

Pada data 2 didapatkan hasil perhitungan menggunakan *Optical flow* rata-rata kecepatan manusia berjalan sebesar 1.316 m/s dan menunjukkan klasifikasi sebagai golongan usia dewasa, dengan membandingkan dengan perhitungan manual yang mendapat nilai 1.28 m/s maka didapatkan persentase error sebesar 2.3%.

Kecapatan rata-rata orang berjalan pada data 3 dengan perhitungan menggunakan *Optical flow* didapatkan hasil sebesar 1.286 m/s dan termasuk kedalam klasifikasi golongan usia dewasa, lalu pada perhitungan kecepatan secara manual didapatkan nilai sebesar 1.21 m/s. Hasil kedua perhitungan tersebut dibandingkan dan didapatkan nilai error sebesar 5.7%

Pada data 4 perhitungan rata-rata kecepatan orang berjalan yang dihitung menggunakan *Optical flow* mendapatkan hasil sebesar 0.995 m/s. hasil tersebut menunjukkan bahwa data 4 masuk kedalam klasifikasi sebagai golongan usia tua. Apabila dibandingkan dengan perhitungan manual yang mendapatkan hasil sebesar 1 m/s maka diperoleh hasil persentase error sebesar 1%.

Perhitungan rata-rata kecepatan pada data 5 menggunakan *Optical flow* sebesar 0.874 m/s dan termasuk kedalam klasifikasi golongan usia tua, hasil pada perhitungan manual didapatkan nilai sebesar 0.9 m/s. maka perbandingan antara kedua perhitungan tersebut akan mendapatkan nilai persentase error sebesar 3.3%.

Analisis kamera 4, persentase error menunjukkan tingkat keakuratan sistem yang digunakan untuk menghitung kecepatan rata-rata berjalan manusia dari pembahasan masing-masing data di 4 kamera berbeda terlihat bahwa persentase error berada di titik bawah dengan nilai terendah sebesar 0.3% hingga nilai persentase error tertinggi sebesar 16%. Hal-hal yang menyebabkan nilai error tinggi disebabkan oleh deteksi tracking objek GMM dan *Kalman Filter* yang membantu memudahkan proses visualisasi dan perhitungan tidak menemukan foreground tracking objek yang bergerak karena nilai treshold objek tidak memenuhi treshold tracking.

4.3 Analisa

Pada penelitian menggunakan 4 kamera cctv yang berbeda tempat memiliki tingkat akurasi hingga 70% dan memiliki nilai error rata-rata 5.23% dengan nilai nilai error tertinggi mencapai 16% dan terendah 0%. Nilai persentase error tersebut didapat dari perbandingan nilai kecepatan yang didapat optical flow dengan nilai kecepatan menggunakan persamaan (3.1).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil deteksi kecepatan manusia menggunakan metode *optical flow* pada 20 data video memiliki tingkat akurasi 70% namun dibutuhkan penyesuaian dalam pembuatan source code karena kamera cctv yang digunakan adalah setingan *default* yang belum dikalibrasi, sehingga masing-masing kamera membutuhkan source code yang berbeda-beda.
2. Tapi dengan begitu tingkat error yang dihasilkan dalam penelitian ini masih terbilang rendah dimana nilai rata-rata error adalah 5.23%

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, penulis memiliki beberapa saran untuk penelitian kedepan agar performa dari sistem menjadi lebih baik lagi, yaitu:

1. Mengkalibrasi kamera yang akan digunakan sehingga tingkat errornya menjadi lebih rendah.
2. Menggunakan video online atau secara real time agar deteksi kecepatan bisa diaplikasikan secara langsung dan dikembangkan dalam sistem keamanan.
3. Penambahan metode filter noise untuk menghilangkan objek yang ikut terdeteksi selain objek yang bergerak pada kamera dan sistem.



DAFTAR PUSTAKA



- [1] M. Al Amin and D. Juniati, "Klasifikasi Kelompok Umur Manusia Berdasarkan Analisis Dimensi Fraktal Box Counting Dari Citra Wajah Dengan Deteksi Tepi Canny," *J. Ilm. Mat.*, vol. 2, no. 6, pp. 1–10, 2017.
- [2] F. Pinna and R. Murrau, "Age factor and pedestrian speed on sidewalks," *Sustain.*, vol. 10, no. 11, pp. 1–23, 2018.
- [3] M. I. Zul and L. E. Nugroho, "Deteksi Gerak dengan Menggunakan Metode Frame Differences pada IP Camera," *Proceeding CITEE 2012*, no. July 2015, pp. 52–56, 2012.
- [4] B. B. W. Panjaitan, K. Usman, and E. Susatio, "Implementasi Perhitungan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Metode Optical Flow," *Telkom Univ.*, vol. 2, pp. 42–46, 2010.
- [5] A. ROMLI, "Pengukuran Kecepatan Kendaraan Menggunakan Optical Flow," *Dep. Mat. ITS*, vol. 3, no. 1, p. 87, 2017.
- [6] I. G. A. Sena, I. Pramita, I. G. Agung, and S. Adi, "Pelatihan Keseimbangan Yang Efektif Pada Lanjut Usia," *SINTESA*, vol. 5, pp. 307–314, 2019.
- [7] R. D. Kusumanto and A. N. Tompunu, "Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB," *Semantik*, vol. 2011, no. 11, pp. 1–7, 2011.
- [8] U. Umar, R. Soelistijorini, and H. A. Darwito, "Tracking Arah Gerakan Telunjuk Jari Berbasis Webcam Menggunakan Metode Optical Flow," *IES 2011*, vol. 2011, no. Ies, pp. 978–979, 2011.
- [9] R. L. Mathis *et al.*, "Augmented Reality, Reality-Virtuality Continuum, Computer Vision, Visual Odometry, Optical Flow, dan Metode Lucas-Kanade.," *Binus*, vol. 34, pp. 9–26, 2011.
- [10] W. Supriyatin and W. W. Ariestya, "Analisis pelacakan objek mobil dengan optical flow pada kamera diam dan bergerak," *SRITI*, vol. 2, pp. 48–56, 2016.
- [11] A. Pradipta and S. R. Jachrizal, "Karakteristik Penyebrangan Pejalan Kaki Pada Lingkungan Sekolah," *Power Transp. Develp*, vol. 22, no. 2, pp. 150–162, 2010.

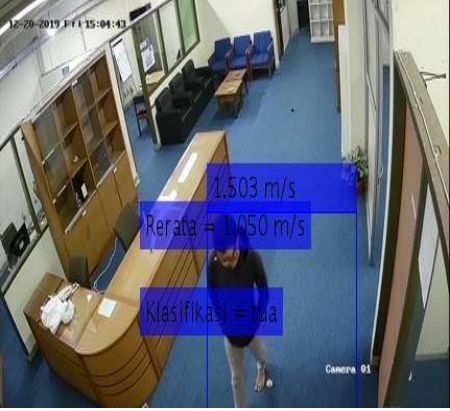
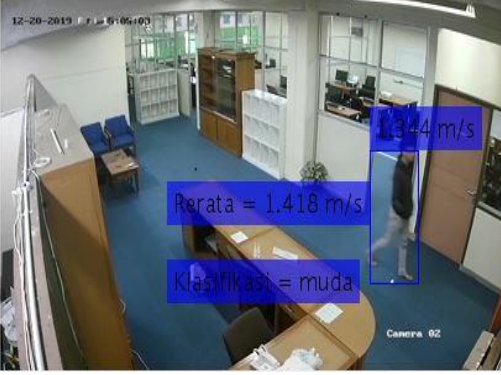
LAMPIRAN


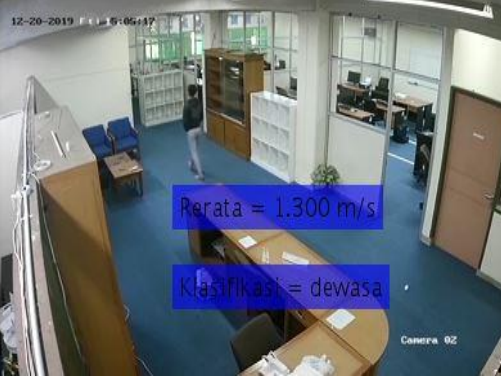
LAMPIRAN 1 – TABEL PERBANDINGAN PERBANDINGAN DETEKSI KECEPATAN OBJEK DENGAN *OPTICAL FLOW* DAN DENGAN PERHITUNGAN KECEPATAN SECARA MANUAL

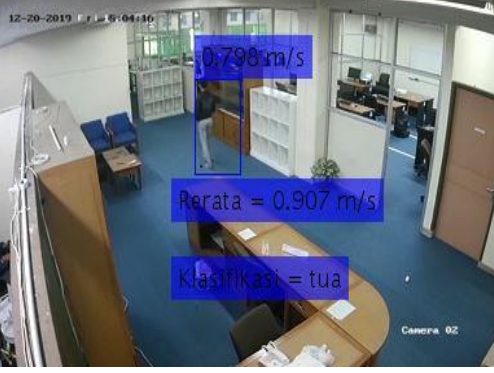
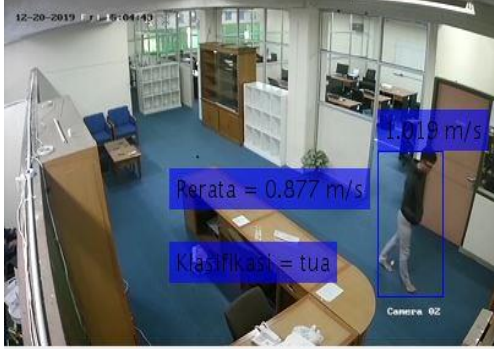
Tabel 4.2 Hasil perbandingan deteksi kecepatan objek dengan *Optical Flow* dan dengan perhitungan kecepatan secara manual



No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} * 100\%$										
1	Kamera 1 dan Data 1		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Data 1</td><td style="text-align: center;">1.4 m/s</td></tr> <tr><td>Data 2</td><td style="text-align: center;">1.28 m/s</td></tr> <tr><td>Data 3</td><td style="text-align: center;">1.21 m/s</td></tr> <tr><td>Data 4</td><td style="text-align: center;">1 m/s</td></tr> <tr><td>Data 5</td><td style="text-align: center;">0.9</td></tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.061	Error = 2.8%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														
2	Kamera 1 dan Data 2		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Data 1</td><td style="text-align: center;">1.4 m/s</td></tr> <tr><td>Data 2</td><td style="text-align: center;">1.28 m/s</td></tr> <tr><td>Data 3</td><td style="text-align: center;">1.21 m/s</td></tr> <tr><td>Data 4</td><td style="text-align: center;">1 m/s</td></tr> <tr><td>Data 5</td><td style="text-align: center;">0.9</td></tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.057	Error = 3.9%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														



No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} * 100\%$										
3	Kamera 1 dan Data 3		<table border="1" data-bbox="824 363 1391 651"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.087	Error = 6.6%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														
4	Kamera 1 dan Data 4		<table border="1" data-bbox="824 809 1391 1096"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.072	Error = 8%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														



No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} \times 100\%$										
5	Kamera 1 dan Data 5		<table border="1" data-bbox="824 363 1406 651"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.15	Error = 16.6%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														
6	Kamera 2 dan Data 1		<table border="1" data-bbox="824 798 1406 1085"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.018	Error = 0.7%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														

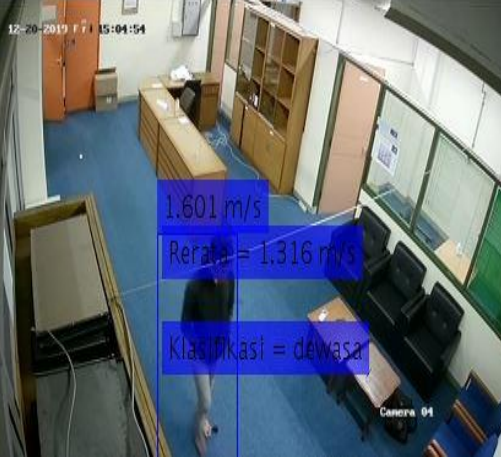

No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} * 100\%$										
7	Kamera 2 dan Data 2		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9 m/s</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9 m/s	Selisih = 0.047	Error = 3.1%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9 m/s														
8	Kamera 2 dan Data 3		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.09	Error = 7.4%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														



No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} \times 100\%$										
9	Kamera 2 dan Data 4		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.093	Error = 10%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														
10	Kamera 2 dan Data 5		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.023	Error = 3.3%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														

No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} \times 100\%$										
11	Kamera 3 dan Data 1		<table border="1" data-bbox="824 363 1406 651"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.047	Error = 3.5%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														
12	Kamera 3 dan Data 2		<table border="1" data-bbox="824 802 1406 1090"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0	Error = 0.0%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														

No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} \times 100\%$										
13	Kamera 3 dan Data 3		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0	Error = 0.0%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														
14	Kamera 3 dan Data 4		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.078	Error = 7%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														

No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} \times 100\%$										
15	Kamera 3 dan Data 5	 <p>12-20-2019 F F 1 11:04:43</p> <p>0,739 m/s</p> <p>Rerata = 0.802 m/s</p> <p>Klasifikasi = tua</p> <p>Camera 03</p>	<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9	Selisih = 0.098	Error = 10%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9														
16	Kamera 4 dan Data 1	 <p>12-20-2019 F F 1 15:05:03</p> <p>1,289 m/s</p> <p>Rerata = 1.446 m/s</p> <p>Klasifikasi = muda</p> <p>Camera 04</p>	<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9 m/s</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9 m/s	Selisih = 0.046	Error = 1.4%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9 m/s														

No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} \times 100\%$										
17	Kamera 4 dan Data 2		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9 m/s</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9 m/s	Selisih = 0.036	Error = 2.3%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9 m/s														
18	Kamera 4 dan Data 3		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9 m/s</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9 m/s	Selisih = 0.076	Error = 5.7%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9 m/s														

No	Kamera dan Data	Hasil visualisasi dengan <i>Optical Flow</i>	Hasil perhitungan dengan persamaan (3.1) : $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu tempuh}}$	Selisih = perhitungan manual (3.1) – hasil OF sesuai dengan data yang digunakan	Persentase Error : $\frac{(\text{nilai manual} - \text{nilai Optical flow})}{\text{nilai manual}} * 100\%$										
19	Kamera 4 dan Data 4		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9 m/s</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9 m/s	Selisih = 0.005	Error = 0.5%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9 m/s														
20	Kamera 4 dan Data 5		<table border="1"> <tr> <td>Data 1</td> <td>1.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 2</td> <td>1.28 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 3</td> <td>1.21 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 4</td> <td>1 m/s</td> </tr> <tr> <td>Data 5</td> <td>0.9 m/s</td> </tr> </table>	Data 1	1.4 m/s	Data 2	1.28 m/s	Data 3	1.21 m/s	Data 4	1 m/s	Data 5	0.9 m/s	Selisih = 0.026	Error = 3.3%
Data 1	1.4 m/s														
Data 2	1.28 m/s														
Data 3	1.21 m/s														
Data 4	1 m/s														
Data 5	0.9 m/s														
				Rata- rata Error	= 5.23%										

Lampiran 2 – Rincian Biaya Skripsi

No	Rincian	Frekuensi (Kali)	Volume (Unit)	Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(3)x(4)x(5)
1	Survey Lokasi	2	1	Rp30,000.00	Rp60,000.00
2	SSD120Gb	1	1	Rp540,000.00	Rp540,000.00
3	Buku Pemograman Matlab	1	1	Rp80,000.00	Rp80,000.00
Jumlah					Rp680,000.00

Lampiran 3 – Source Code Penelitian

```
% function OF2020()
clc; clear; close all
%read video
videolink = [cd, '\cepat1.mp4'];

% Create a video file reader.
obj.reader = VideoReader(videolink);

%posisi video player waktu mulai
obj.maskPlayer = vision.VideoPlayer('Position', [600 350 580 350]);
obj.videoPlayer = vision.VideoPlayer('Position', [10 350 580 350]);

%apabila cctv lebih jauh dan objek makin kecil yg diganti minimumblobarea
%Besar kecil objek yg di amati
% hasil deteksi dengan GMM diperbaiki dengan blob Analyser
obj.blobAnalyser = vision.BlobAnalysis('BoundingBoxOutputPort', true, ...
    'AreaOutputPort', true, 'CentroidOutputPort', true, ...
    'MinimumBlobArea', 200);

% create optical flow/ untuk mendeteksi pergerakan objek
OpticalFlow = opticalFlowLK('NoiseThreshold', 0.01);

nFrames = 1;

color = {'blue', 'green', 'cyan', 'red', 'magenta', 'black', 'white'};

% inisialisasi kalman filter
% memperbaiki gerakan dari optical flow
tracks = struct(...
    'id', {}, ... %identitas objek
    'bbox', {}, ... %posisi kotak
    'kalmanFilter', {}, ... %inisiasi
    'age', {}, ... %lamanya objek ada berapa frame
    'totalVisibleCount', {}, ...
    'consecutiveInvisibleCount', {});
% end

nextId = 1; % ID of the next track

numFrames = 0;
```

```

v = VideoReader(videolink);
while hasFrame(v)
    readFrame(v);
    numFrames = numFrames+1;
end

% deteksi orang dengan GMM
obj.detector = vision.ForegroundDetector('NumGaussians', 3, ...
    'NumTrainingFrames', 40, 'MinimumBackgroundRatio', 0.1);

while hasFrame(obj.reader)
    % read frame
    frameRGB = readFrame(obj.reader); % read the next video frame
    frameRGB = imresize(frameRGB,240/size(frameRGB,1));
    frameGray = rgb2gray(frameRGB);
    %     im = im2double(frameGray);

    % of menghitung orientasi pada objek
    of = estimateFlow(OpticalFlow, frameGray);
    velocity = of.Magnitude;

    % Detect objek orangnya
    mask = obj.detector.step(imresize(frameRGB,0.5));

    % memperbaiki hasil deteksi objek
    %     mask = medfilt2(mask);

    mask = imopen(mask, strel('rectangle', [3,3]));
    mask = imclose(mask, strel('rectangle', [15, 15]));
    mask = imfill(mask, 'holes');

    % Perform blob analysis to find connected components.
    [~, centroids, bboxes] = obj.blobAnalyser.step(mask);
    %     end
    bboxes = 2*(bboxes);
    mask = imresize(mask,2);

    for i = 1:length(tracks)
        bbox = tracks(i).bbox;

        % prediksi lokasi objek
        predictedCentroid = predict(tracks(i).kalmanFilter);

        % Shift the bounding box so that its center is at
        % the predicted location.
        predictedCentroid = int32(predictedCentroid) - bbox(3:4) / 2;
        tracks(i).bbox = [predictedCentroid, bbox(3:4)];
    end

    %jumlah yg terdeteksi
    nTracks = length(tracks);
    nDetections = size(centroids, 1);

    % Compute the cost of assigning each detection to each track.
    cost = zeros(nTracks, nDetections);
    for i = 1:nTracks
        cost(i, :) = distance(tracks(i).kalmanFilter, centroids);
    end

    % Solve the assignment problem.
    costOfNonAssignment = 20;

```

```

[assignments, unassignedTracks, unassignedDetections] = ...
    assignDetectionsToTracks(cost, costOfNonAssignment);

numAssignedTracks = size(assignments, 1);
for i = 1:numAssignedTracks
    trackIdx = assignments(i, 1);
    detectionIdx = assignments(i, 2);
    centroid = centroids(detectionIdx, :);
    bbox = bboxes(detectionIdx, :);

    % Correct the estimate of the object's location
    % using the new detection.
    correct(tracks(trackIdx).kalmanFilter, centroid);

    % Replace predicted bounding box with detected
    % bounding box.
    tracks(trackIdx).bbox = bbox;

    % Update track's age.
    tracks(trackIdx).age = tracks(trackIdx).age + 1;

    % Update visibility.
    tracks(trackIdx).totalVisibleCount = ...
        tracks(trackIdx).totalVisibleCount + 1;
    tracks(trackIdx).consecutiveInvisibleCount = 0;
end

for i = 1:length(unassignedTracks)
    ind = unassignedTracks(i);
    tracks(ind).age = tracks(ind).age + 1;
    tracks(ind).consecutiveInvisibleCount = ...
        tracks(ind).consecutiveInvisibleCount + 1;
end

%dalam 20 frame objek tidak muncul berarti bukan manusia
invisibleForTooLong = 20;

%frame kurang dari 8 akan hilang
ageThreshold = 8;

% Compute the fraction of the track's age for which it was visible.
ages = [tracks(:).age];
totalVisibleCounts = [tracks(:).totalVisibleCount];
visibility = totalVisibleCounts ./ ages;

% menemukan track yg hilang
lostInds = (ages < ageThreshold & visibility < 0.6) | ...
    [tracks(:).consecutiveInvisibleCount] >= invisibleForTooLong;

% Delete lost tracks.
tracks = tracks(~lostInds);

centroids = centroids(unassignedDetections, :);
bboxes = bboxes(unassignedDetections, :);

for i = 1:size(centroids, 1)

    centroid = centroids(i, :);
    bbox = bboxes(i, :);

```

```

% Create a Kalman filter object.
kalmanFilter = configureKalmanFilter('ConstantVelocity', ...
    centroid, [200, 50], [100, 25], 100);

% Create a new track, frame kedepan jalannya kemana
newTrack = struct(...
    'id', nextId, ...
    'bbox', bbox, ...
    'kalmanFilter', kalmanFilter, ...
    'age', 1, ...
    'totalVisibleCount', 1, ...
    'consecutiveInvisibleCount', 0);

% Add it to the array of tracks.
tracks(end + 1) = newTrack;

% Increment the next id.
nextId = nextId + 1;
end

%% Display Tracking Results

% Convert the frame and the mask to uint8 RGB.
frameRGB = im2uint8(frameRGB);
mask = uint8(repmat(mask, [1, 1, 3])) .* 255;

minVisibleCount = 8;
if ~isempty(tracks)

    % Noisy detections tend to result in short-lived tracks.
    % Only display tracks that have been visible for more than
    % a minimum number of frames.
    reliableTrackInds = ...
        [tracks(:).totalVisibleCount] > minVisibleCount;
    reliableTracks = tracks(reliableTrackInds);

    % Display the objects. If an object has not been detected
    % in this frame, display its predicted bounding box.
    if ~isempty(reliableTracks)
        % Get bounding boxes.
        bboxes = cat(1, reliableTracks.bbox);

        % Get ids.
        ids = int32([reliableTracks(:).id]);

        %lokasi box objek yang dideteksi
        for j = 1 : size(bboxes,1)
            bx1 = max(1,bboxes(j,1));
            bx2 = max(1,bboxes(j,2));
            bx3 = bboxes(j,3);
            bx4 = bboxes(j,4);

            bx3 = min(bx1+bx3,size(frameRGB,2))-bx1-1;
            bx4 = min(bx2+bx4,size(frameRGB,1))-bx2-1;
            % velocity1 = kecepatan orang berjalan sesuai dengan bounding
            boxnya
            velocity1 = velocity;
            velocity1(imbinarize(mask(:,:,1))~=1) = 0;
            %             velocity1(velocity1<0.1) = nan;

```

```

        speed(j) =
mean(mean(velocity1(velocity1>0.2&velocity1<1.8)))*v.Framerate/7.5;
        if speed(j) > 0
            frameRGB =
insertObjectAnnotation(frameRGB, 'rectangle', bboxes(j,:), [num2str(speed(j), '%.
3f'), ' m/s'], 'FontSize', 16, 'Color', color{j});
        end
        %               total_dist(nFrames) =
sum(velocity1(velocity1>0.2))/sum(velocity1>0.2);
        Speed(nFrames,j) = speed(j);
        if nFrames == numFrames
            SPEED = Speed(:,j);
            %               SPEED(SPEED <0.1) = nan;
            %               avg_speed(j) =
sum(SPEED(Speed(:,j)>0.01))/sum(Speed(:,j)>0.01);
            if median(SPEED) > 0
                avg_speed(j) = median(SPEED);
            else
                avg_speed(j) = median(SPEED(SPEED>0));
            end
            if ~isnan(avg_speed(j))
                if avg_speed(j)<=1.2
                    klasifikasi = 'tua';
                elseif 1.2<avg_speed(j)&&avg_speed(j)<=1.4
                    klasifikasi = 'dewasa';
                else
                    klasifikasi = 'muda';
                end
                frameRGB = insertText(frameRGB, [size(frameRGB,2)/2-
80,size(frameRGB,1)/2], ['Rerata = ', num2str(avg_speed(j), '%.3f'), '
m/s'], 'BoxColor', color{j}, 'FontSize', 16);
                frameRGB = insertText(frameRGB, [size(frameRGB,2)/2-
80,size(frameRGB,1)/2+50], ['Klasifikasi =
', klasifikasi], 'BoxColor', color{j}, 'FontSize', 16);
            end
        end
    end
end
else
    if nFrames == numFrames
        for j = 1 : size(Speed,2)
            SPEED = Speed(:,j);
            %               SPEED(SPEED <0.1) = nan;
            if median(SPEED) > 0
                avg_speed(j) = median(SPEED);
            else
                avg_speed(j) = median(SPEED(SPEED>0));
            end %               avg_speed(j) =
sum(SPEED(Speed(:,j)>0.2))/sum(Speed(:,j)>0.2);
            if ~isnan(avg_speed(j))
                if avg_speed(j)<=1.2
                    klasifikasi = 'tua';
                elseif 1.2<avg_speed(j)&&avg_speed(j)<=1.4
                    klasifikasi = 'dewasa';
                else
                    klasifikasi = 'muda';
                end
                frameRGB = insertText(frameRGB, [size(frameRGB,2)/2-
80,size(frameRGB,1)/2], ['Rerata = ', num2str(avg_speed(j), '%.3f'), '
m/s'], 'BoxColor', color{j}, 'FontSize', 16);
                frameRGB = insertText(frameRGB, [size(frameRGB,2)/2-
80,size(frameRGB,1)/2+50], ['Klasifikasi =
', klasifikasi], 'BoxColor', color{j}, 'FontSize', 16);
            end
        end
    end
end
end
end

```

```
end
end
end
end

% Display the mask and the frame.
obj.maskPlayer.step(mask);
obj.videoPlayer.step(frameRGB);

nFrames = nFrames + 1;

end
%release video reader and writer
release(obj.maskPlayer);
release(obj.videoPlayer);
```

