

KLASIFIKASI KECEPATAN KENDARAAN BERBASIS

PEMROSESAN CITRA

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI KECEPATAN KENDARAAN BERBASIS PEMROSESAN CITRA

TUGAS AKHIR

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

Disusun oleh:

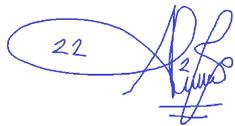
Dresto Fauzantyo
16524093

Yogyakarta, 25-10-2020

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

22


318094


Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng
155240103

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

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

KLASIFIKASI KECEPATAN KENDARAAN BERBASIS PENGOLAHAN CITRA

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Dresto Fauzantyo

16524093

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

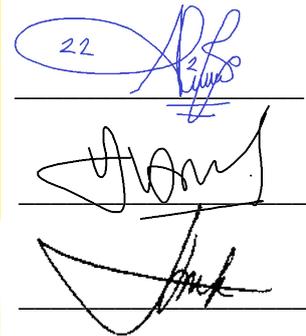
Pada tanggal: 6 November 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng.

Anggota Penguji 1: Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D.

Anggota Penguji 2: Dr. Eng. Hendra Setiawan, ST, MT.



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

Tanggal: 17 November 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amrulloh, 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, 6 November 2020

Dresto Fauzantyo

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

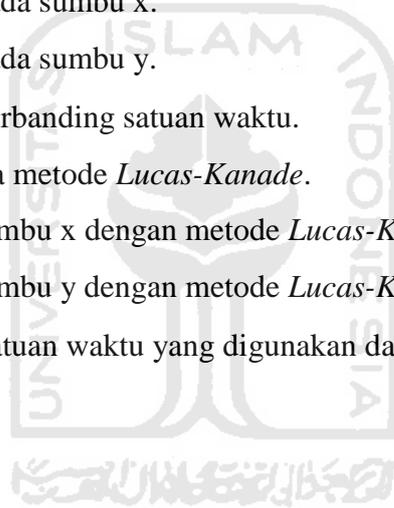
Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Sholawat beserta salam senantiasa penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah membimbing umat dari zaman kegelapan menuju zaman yang sesuai dengan ketentuan Allah SWT. Selama pelaksanaan skripsi penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dengan kerendahan hati, penyusun ingin berterima kasih kepada :

1. Ibu Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng dan Ibu Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah mendampingi dan memberikan bantuan serta masukan selama penyusunan skripsi.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Segenap dosen dan karyawan program studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Orang tua tercinta Ibu Umi Fauziah dan Bapak Setianto SE., M.Si yang selalu mendo'akan dan mendukung selama proses pembelajaran serta penyelesaian tugas akhir.
4. Teman-teman yang telah menerima penulis menjadi bagian keluarga besar Teknik Elektro di angkatan 2016 serta mewarnai dan mengisi waktu selama menjalani perkuliahan.

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

GUI	: Graphical User Interface.
$f(x,y)$: Koordinat citra digital.
x	: Posisi piksel pada koordinat x.
y	: Posisi piksel pada koordinat y.
ROI	: <i>Region of Interest</i> .
RGB	: <i>Red Green Blue</i> .
GMM	: <i>Gaussian Mixture Model</i> .
<i>Blob</i>	: Piksel yang merepresentasikan objek.
<i>Foreground</i>	: Hasil substraksi dengan nilai intensitas cahaya tinggi.
<i>Background</i>	: Hasil substraksi dengan nilai intensitas cahaya rendah.
I_x	: Intensitas piksel pada sumbu x.
I_y	: Intensitas piksel pada sumbu y.
I_t	: Intensitas piksel berbanding satuan waktu.
V_E	: Kecepatan rata-rata metode <i>Lucas-Kanade</i> .
V_{Ex}	: Kecepatan pada sumbu x dengan metode <i>Lucas-Kanade</i> .
V_{Ey}	: Kecepatan pada sumbu y dengan metode <i>Lucas-Kanade</i> .
Km/h	: Kilometer/hour. Satuan waktu yang digunakan dalam penampil percobaan.



ABSTRAK

Kecelakaan merupakan kejadian yang dapat merugikan pengendara kendaraan di jalan raya. Salah satu penyebab terjadi kecelakaan adalah pengendara memacu kendaraan pada kecepatan yang tinggi. Pada kecepatan tinggi, kendaraan sulit dikendalikan dan membutuhkan konsentrasi tinggi dalam mengemudi. Apabila terjadi kecelakaan pada kecepatan tinggi, resiko pengendara meninggal dunia meningkat, sehingga dibutuhkan teknologi mitigasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kematian pengendara dengan mengidentifikasi kecepatan kendaraan. Dengan ketersediaan teknologi saat ini berupa adanya CCTV/ kamera pengawas yang terletak pada berbagai titik di persimpangan jalan, rekaman video kendaraan yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk mengklasifikasikan kecepatan kendaraan melalui pemrosesan citra. Pada penelitian ini digunakan aplikasi MATLAB sebagai perangkat lunak pengolah dan penampil data yang menjalankan program klasifikasi kecepatan kendaraan melalui rekaman video kamera digital. Hasil analisis menggunakan pemrosesan citra dengan metode *optical flow* Pada MATLAB dapat mengetahui pergerakan dan kecepatan kendaraan di jalan raya. *Optical flow* mengenali perpindahan objek antar *frame* yang diakibatkan perubahan intensitas cahaya pada periode waktu tertentu dan bersifat sekuensial. Pergerakan tersebut diamati melalui *blob* yang bergerak setelah dilakukan substraksi antara *background* dan *foreground* objek yang ingin diamati. *Blob* tersebut kemudian menjadi referensi objek yang bergerak untuk kemudian dihitung kecepatan perpindahannya dengan algoritma *Lucas-Kanade*. Metode tersebut digunakan untuk mengklasifikasi besaran kecepatan kendaraan serta potensi adanya bahaya yang dapat mengakibatkan tabrakan. Pendeteksian melalui video dapat mendeteksi laju kendaraan pada persimpangan melalui satu titik pengamatan. Dari data yang diambil pada 2 lokasi yang berbeda didapatkan nilai akurasi pendeteksian objek kendaraan sebesar 65,7% dengan tingkat *error* pembacaan kecepatan sebesar 7,4%.

Kata Kunci : Klasifikasi kecepatan, Pemrosesan citra, *Optical Flow*, *Lucas-Kanade*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 Citra Digital.....	5
2.2.2 <i>Threshold</i>	6
2.2.3 Jenis Citra Berdasarkan Warna	6
2.2.4 Metode <i>Optical Flow – Lucas-Kanade</i>	8
2.2.5 Hasil Deteksi Kendaraan.....	10
BAB 3 METODOLOGI.....	11
3.1 Alur Penelitian	11
3.1.1 Survei Lapangan	12

3.1.2 Spesifikasi sistem.....	13
3.1.3 Sistem Klasifikasi kecepatan	14
3.1.4 Hasil dan Analisis	14
3.2 Sistem deteksi kecepatan	15
3.2.1 Input data video.....	16
3.2.2 <i>Thresholding Image</i>	16
3.2.3 Perhitungan Kecepatan dengan <i>optical flow</i>	16
3.2.4 Klasifikasi Kecepatan	18
3.2.5 Tampilan Hasil.....	18
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Pengujian Sistem Deteksi Kecepatan	20
4.1.1 Input Rekaman Video	20
4.1.2 Hasil deteksi kecepatan kendaraan pada skenario 1	21
4.1.3 Hasil deteksi kecepatan kendaraan pada skenario 2	23
4.2 Pembahasan Hasil Pengujian Sistem Klasifikasi Kecepatan	24
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	25
5.1 Kesimpulan	25
5.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN.....	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Koordinat Citra Digital.....	6
Gambar 2.2 Representasi Citra Biner 9×7 piksel.....	7
Gambar 2.3 Konfigurasi Nilai <i>Grayscale</i>	7
Gambar 2.4 Jenis Citra Berdasarkan Warna.....	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	11
Gambar 3.2 Data Rekaman Video Dari Kamera Digital.....	13
Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem Deteksi Kecepatan.....	15
Gambar 3.4 Matlab Video Reader.....	16
Gambar 3.5 Deteksi Objek Kendaraan Motor.....	17
Gambar 3.6 Deteksi Objek Kendaraan Mobil.....	17
Gambar 3.7 Histogram <i>Grayscale</i> Hasil <i>Thresholding</i> Citra.....	18
Gambar 3.8 Plot Kecepatan Hasil Deteksi <i>Optical Flow</i>	19
Gambar 3.9 Hasil Klasifikasi Kecepatan Kendaraan.....	19
Gambar 4.1 Kondisi Jalan Pada Skenario 1.....	21
Gambar 4.2 Kondisi Jalan Pada Skenario 2.....	23

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Skenario Pengambilan Data	12
Tabel 3.2 Spesifikasi Sistem	13
Tabel 3.3 Pengkategorian Kecepatan berdasar PP. No. 79 tahun 2013.....	18
Tabel 4.1 Kategori Kecepatan Pada Program Klasifikasi Kecepatan	20
Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan Pada Skenario 1.....	21
Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan Pada Skenario 2.....	23



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Secara keseluruhan angka kecelakaan di Indonesia pada tahun 2019 masih cukup tinggi, yaitu berada di angka 107.500 kasus. Salah satu contoh kecelakaan yang sering ditemui adalah bertabrakannya pengendara dengan pengendara lain ataupun objek di jalan yang membahayakan. Salah satu faktor utama yang mengakibatkan kecelakaan adalah kecepatan kendaraan yang tinggi. Selain itu, kontur jalanan di Indonesia yang sempit dan berkelok turut menyebabkan banyaknya kecelakaan tunggal yang melibatkan satu jenis kendaraan. Menurut KNKT (Komisi Nasional Keselamatan Transportasi), data kecelakaan lalu lintas angkanya cenderung menurun dari tahun 2010 akibat dari jumlah kendaraan yang meningkat sehingga pengendara cenderung berkendara pada kecepatan yang stabil. Jenis kecelakaan lalu lintas di jalan raya didominasi kejadian tabrakan antar kendaraan. Sementara, mayoritas kejadian kecelakaan terjadi di Pulau Jawa terutama di Provinsi Jawa Tengah [1].

Seiring dengan kemajuan alat perekaman dan meningkatnya kualitas gambar, teknologi dapat dipergunakan untuk mendeteksi kecepatan yang akan digunakan sebagai salah satu indikasi kecelakaan lalu lintas melalui adanya CCTV/kamera pengawas yang terletak pada berbagai titik di persimpangan jalan [2]. Perancangan sistem digunakan sebagai pengidentifikasi kecepatan kendaraan melalui rekaman video yang hasil rekamannya dianalisis untuk mengetahui pergerakan kendaraan di jalan raya serta potensi adanya bahaya yang dapat mengakibatkan tabrakan. Melalui rekaman video pada satu titik pengamatan didapatkan rekaman kendaraan yang melewati jalan. Kelebihan sistem dengan metode pemrosesan citra dibandingkan dengan penggunaan sensor konvensional seperti ultrasonik adalah tingkat akurasi pada kondisi cuaca hujan yang lebih tinggi. Tingkat kecelakaan yang terjadi pada kondisi ini cenderung meningkat akibat jalanan yang licin dan pandangan pengendara terbatas. Selain itu, sensor ultrasonik membutuhkan aplikasi pemasangan pada beberapa titik sehingga membutuhkan perhitungan dan sistem tersendiri untuk mendeteksi tabrakan dengan cakupan area yang terbatas pada sensornya [3].

Pengembangan sistem pendeteksi kecelakaan berevolusi dari pemasangan sensor pada kendaraan ke model aplikasi pemrosesan citra. Hal ini diakibatkan oleh perkembangan teknologi informasi yang dapat mengirimkan data dalam jumlah yang besar dalam waktu yang cepat. Perubahan dan dampak teknologi bagi kehidupan manusia ini ditujukan untuk membantu kehidupan manusia yang ideal, utamanya meningkatkan keselamatan bagi pengendara. Dalam konsep *smart city*, dimana kota bekerja secara otomatis dengan bantuan teknologi dan segala aspek

yang berkaitan dengan fasilitas umum dapat terkoneksi dengan baik dan cepat, keselamatan di jalan raya menjadi salah satu poin penting peningkatan kualitas hidup manusia di perkotaan [4], [5].

Kecelakaan merupakan rangkaian yang saling berkaitan antar kendaraan dan kondisi jalan. Sehingga kerumitan utama dalam pengembangan sistem pendeteksi kecepatan adalah dalam pengidentifikasian kendaraan. Perbedaan bentuk serta kondisi pada kendaraan, jalan, kontur, dan keadaan kota yang ditemui di jalan raya sangat bervariasi. Hal ini mengakibatkan sistem memiliki sifat yang spesifik diterapkan pada satu persimpangan dibandingkan harus berdasarkan aktivitas yang cakupannya luas. Sistem dirancang guna membantu korban kecelakaan terutama korban luka yang membutuhkan pertolongan yang dapat menjangkau tempat kejadian perkara dalam waktu singkat. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi jumlah korban jiwa akibat kecelakaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana metode pemrosesan citra bekerja dalam mendeteksi kecepatan kendaraan?
2. Bagaimana tingkat akurasi metode yang digunakan?
3. Faktor-faktor apa yang mempengaruhi hasil percobaan?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah dalam menyelesaikan penelitian ini. Diantaranya adalah :

1. Kamera yang digunakan berjumlah 1 buah, terpasang pada satu sudut jalan,
2. Kendaraan yang digunakan dalam percobaan berupa motor Honda Supra dan mobil Xenia,
3. Kondisi intensitas cahaya harus memadai, sehingga kamera dapat mengambil gambar objek yang akan dideteksi dengan jelas,
4. Algoritma sistem digunakan untuk data *offline* (rekaman video).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui cara kerja *video processing* dalam mendeteksi objek yang bergerak.

2. Mengetahui kecepatan kendaraan saat melewati satu titik pengamatan melalui rekaman video yang diolah menggunakan *video processing*.
3. Mengklasifikasikan kecepatan kendaraan menggunakan *video processing*.

1.5 Manfaat Penelitian

Sistem digunakan untuk mengklasifikasikan kecepatan kendaraan di jalan raya. Hasil klasifikasi tersebut kemudian dimaksudkan sebagai data rujukan dalam upaya pencegahan kejadian-kejadian yang berkaitan dengan kecepatan kendaraan di jalan raya, khususnya tabrakan yang dapat mengakibatkan korban jiwa dan kerugian materil bagi pengendara dan pengguna jalan lainnya.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Sistem deteksi kecepatan menggunakan teknologi pemrosesan citra merupakan salah satu bidang riset yang berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi komunikasi yang dapat mengirimkan data dalam jumlah yang besar dalam waktu yang cepat. Dengan adanya pengolahan citra berbasis *video recorder* diharapkan dapat membantu pengguna jalan untuk lebih menjaga keamanan dan keselamatan di jalan raya. Berikut beberapa penelitian sebagai referensi pengerjaan skripsi.

Menurut Nur setiaji Pamungkas, faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan lalu lintas diantaranya lingkungan, kondisi kendaraan, manusia sebagai pengendara, serta kombinasi diantara ketiga faktor tersebut. Penelitian yang dilakukan sebelumnya mengindikasikan bahwasanya faktor manusia menjadi penyumbang utama angka kecelakaan di jalan raya. Hal ini diakibatkan rentannya manusia sebagai individu yang memiliki karakteristik perilaku, persepsi, penginderaan, serta reaksinya berbeda dalam proses pencegahan kecelakaan demi keamanan berkendara di jalan raya. Hal ini juga berkontribusi pada penyebab utama kecelakaan yaitu kecepatan [1].

Penelitian lain dilakukan oleh Riza Rahmat & K. Jumari berdasarkan kedudukan kamera pengawas di persimpangan yang ditemukan pada kota besar. Biasanya kamera tersebut hanya terbatas pada proses *monitoring* yang dilakukan oleh manusia sehingga banyak dari kamera tersebut tidak efektif penggunaannya. Hal ini menimbulkan inisiatif sistem pendeteksi lalu lintas menggunakan teknologi *image processing*. Dalam jurnal disebutkan bahwa teknologi tersebut dapat mendeteksi jumlah, panjang, jenis, dan kecepatan kendaraan dengan mengobservasi perbedaan piksel pada tangkapan layar video kamera pengawas. Karena teknologi yang digunakan masih sangat sederhana pengaplikasian sistem dapat dijalankan dengan komputer berbasis pentium. Namun, dari penelitian tersebut masih terdapat kekurangan diantaranya letak kamera pengawas menjadi sangat krusial. Hal ini disebabkan faktor alam berupa sinar matahari serta cahaya lampu pada kendaraan dapat mempengaruhi sistem deteksi menjadi tidak maksimal [2].

Penelitian lainnya dilakukan oleh Ki Yong-Kul yang merancang sistem untuk mendeteksi terjadinya tabrakan dengan menganalisis perubahan kecepatan secara tiba-tiba dari suatu kendaraan yang berada di persimpangan. Sistem ini dinamakan *Traffic Accident Recording and Reporting System (ARRS)*. Model dari sistem ini dapat mendeteksi kendaraan, kecepatan, serta posisinya dalam persimpangan. Dari hasil analisis data tersebut, ARRS mendeteksi kejadian

kecelakaan di persimpangan. Kemudian, sistem mengirimkan data berupa lokasi kecelakaan dan melaporkannya pada otoritas yang berwenang dalam kejadian kecelakaan tersebut [6].

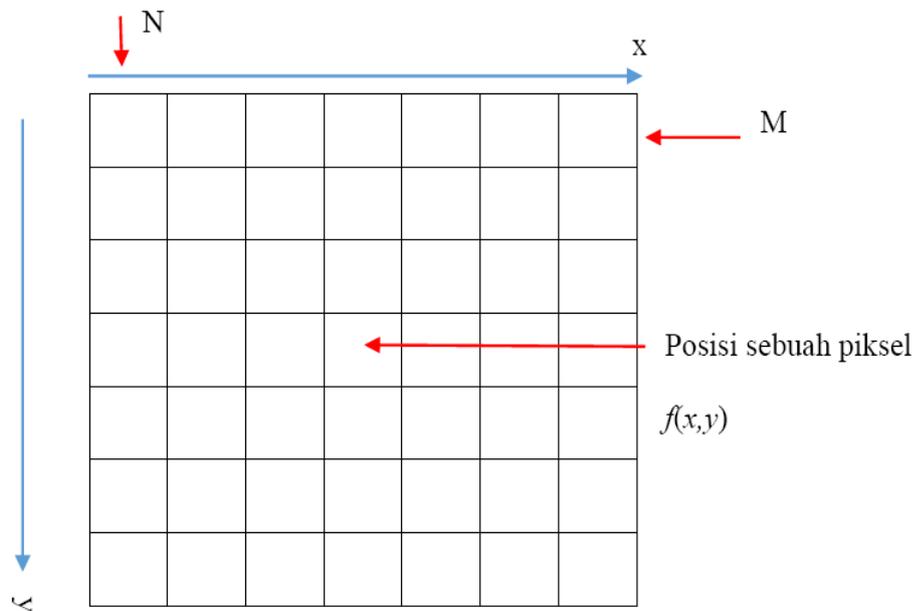
2.2 Tinjauan Teori

Pengertian citra yaitu gambar pada bidang dua dimensi yang merupakan representasi dari suatu objek. Citra dapat bersifat analog dan digital sesuai dengan keluaran sistem perekaman yang bersifat optik seperti foto. Sinyal analog citra dapat ditemukan pada gambar monitor televisi dan sinyal-sinyal video. Sifat digital pada citra artinya dapat disimpan dan dikirimkan melalui media penyimpanan. Secara matematik citra dijelaskan sebagai bias pantulan intensitas cahaya yang bersifat kontinu pada bidang dua dimensi yang memantulkan bentuk objek yang kemudian dapat ditangkap oleh alat-alat optik, seperti kamera, *scanner*, serta mata pada manusia.

Citra dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu citra diam (*still image*) dan citra bergerak (*moving image*). Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak sedangkan citra bergerak adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun (sekuensial) sehingga memberi kesan pada mata sebagai gambar yang bergerak. Setiap citra di dalam rangkaian itu disebut *frame*. Gambar-gambar yang tampak pada film layar lebar atau televisi pada hakikatnya terdiri dari ratusan sampai ribuan *frame*.

2.2.1 Citra Digital

Citra digital didapatkan melalui proses akuisisi dengan menggunakan sensor optik, setelah proses akuisisi citra digital membentuk bidang dua dimensi (x,y) . Besar intensitas yang diterima sensor di setiap titik (x,y) disimbolkan oleh $f(x,y)$ dan besarnya tergantung pada intensitas yang dipantulkan oleh objek. Citra digital memiliki ukuran yang letaknya tergantung posisi pada koordinat (M,N) M baris dan N kolom seperti ditunjukkan pada Gambar 2. 1.



Gambar 2. 1 Gambar Koordinat Citra Digital [7].

2.2.2 Threshold

Threshold merupakan teknik pengolahan citra dengan mengeliminasi piksel dengan mempertahankan sebagiannya guna mengolah hasil sortir piksel dari suatu citra untuk mendapat nilai tepi (*edge*) dari suatu citra. Penggunaan *threshold* mempermudah proses identifikasi dari dua atau lebih citra. Dalam pemrosesan citra dibutuhkan nilai batas keabuan dengan derajat piksel yang telah didefinisikan sebelumnya. Warna putih biasanya digunakan sebagai warna *foreground* sedangkan warna hitam sebagai *background*.

2.2.3 Jenis Citra Berdasarkan Warna

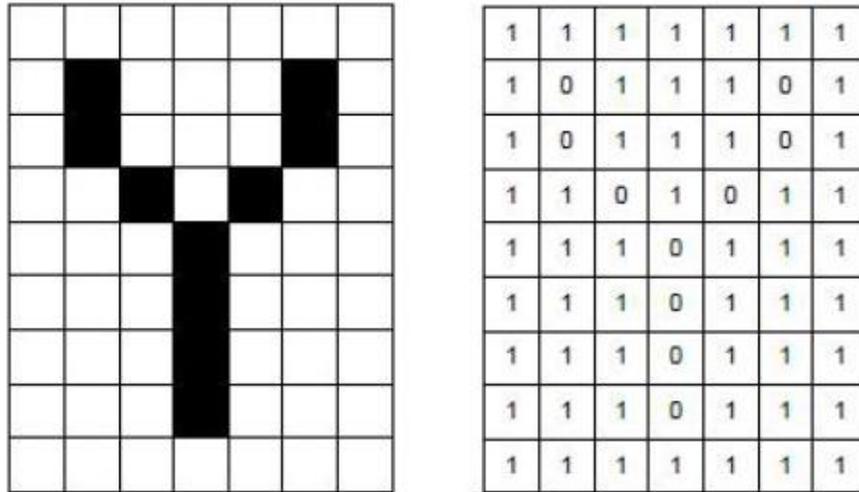
Terdapat beberapa jenis citra digital berdasarkan warna, beberapa jenis citra digital yang sering digunakan adalah citra biner, citra *grayscale*, dan citra warna.

1. Citra Biner

Citra biner pada Gambar 2. 2 merupakan citra pembentuk warna monokrom, dimana setiap titik bernilai 0 dan 1 dengan konfigurasi warna hitam putih sebagai berikut:

- Hitam → 0
- Putih → 1

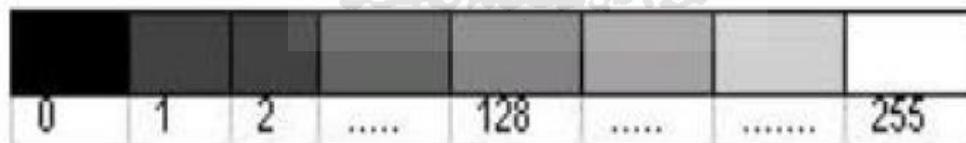
Setiap titik pada citra biner membutuhkan 1 bit memori



Gambar 2. 2 Representasi Citra Biner 9 × 7 Piksel [7]

2. Citra *Grayscale*

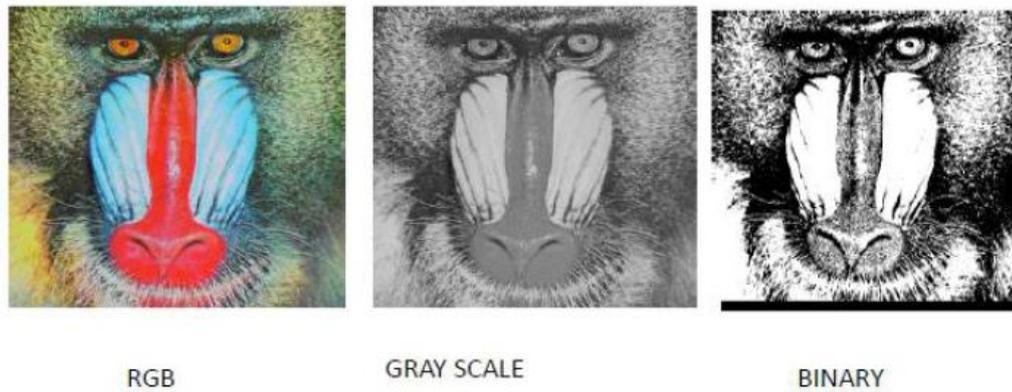
Grayscale (skala keabuan) merupakan proses citra yang menormalisasi 3 buah *layer* citra warna RGB menjadi 1 layer. Citra digital *grayscale* pada Gambar 2. 3 merupakan gradasi warna hitam ke putih dengan nilai 0-255 dengan rentang yang diwakili oleh 8 bit pada setiap piksel. Derajat keabuan yang berada diantara warna minimal, hitam (0) dengan warna maksimal, putih (255) dibagi menjadi beberapa level yang memiliki nilai tergantung dengan citra piksel yang dibaca. Skala keabuan memiliki nilai berupa bilangan bulat yang merupakan hasil perpangkatan dua.



Gambar 2. 3 Konfigurasi Nilai *Grayscale* [7]

3. Citra warna

Setiap piksel pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar (RGB = *Red Green Blue*) Gambar 2. 4. Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 *byte*. Setiap warna mempunyai gradasi sebanyak 255 warna. Berarti setiap piksel mempunyai kombinasi warna sebanyak $255 \times 255 \times 255 = 16.581.375$ warna.



Gambar 2. 4 Jenis Citra Berdasarkan Warna [7]

2.2.4 Metode *Optical Flow* – *Lucas-Kanade*

Optical Flow merupakan metode pendeteksi objek yang bergerak dalam periode yang sekuensial. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang dideteksi pada tiap *frame*-nya dalam satu rekaman video. Intensitas cahaya yang berubah dipengaruhi oleh pergerakan pada kamera yang menyebabkan pergeseran sudut pandang, pindahnya objek dari satu titik ke titik lain, maupun perpindahan dari sumber cahaya yang sedang diamati. *Tracking* yang dilakukan pada bidang 2 dimensi menandakan perpindahan objek antar *frame*. Sedang pada bidang 3 dimensi, yang diamati adalah perpindahan volume antar voxel.

Dalam implementasinya seperti pada Persamaan 2.1 *Optical flow* mendeteksi nilai konstan dari sebuah citra yang bergerak pada suatu bidang berdasar turunan intensitas cahaya.

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

$I(x, y)$ merupakan nilai intensitas cahaya dari tiap koordinat sumbu yang dideteksi alat optik, sementara It mendefinisikan nilai intensitas terhadap waktu. *Optical flow* digunakan untuk mendeteksi objek yang bergerak sehingga dibutuhkan variabel d sebagai penanda arah objek bergerak. Sehingga nilai piksel yang bergerak antara 2 *frame* di dalam citra ditunjukkan dengan persamaan yang didefinisikan sebagai berikut.

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

Kemudian setiap *frame* yang diasumsikan bergerak berdasarkan waktu, dideferensialkan untuk mendapatkan komponen kecepatan (V).

$$\frac{dI}{dx}V_x + \frac{dI}{dy}V_y + \frac{dI}{dt} = 0 \quad (2.3)$$

Dimana,

$$\frac{dI}{dx} \frac{dI}{dy} \frac{dI}{dt} = I_{(x,y,t)} \quad (2.4)$$

Kecepatan vektor yang berpindah antara 2 titik diasumsikan untuk digunakan sebagai pengukur besaran pergerakan, arah, serta posisi objek pada *frame*. Hal ini menyebabkan digunakannya algoritma *Lucas-Kanade* yang ditemukan pada tahun 1981. Dimana, q_n menunjukkan nilai piksel dalam window dengan $I_n(q_n)$ sebagai derivatif atau turunan parsial dari objek yang bergerak pada *frame*. Sehingga ditentukan persamaan :

$$I_x(q_n)V_x + I_y(q_n)V_y = -I_t(q_n) \quad (2.5)$$

$$A = \begin{pmatrix} I_x(q_1) & I_y(q_1) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(q_n) & I_y(q_n) \end{pmatrix}, v = \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} -I_t(q_1) \\ -I_t(q_2) \\ \vdots \\ -I_t(q_n) \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

Pada perkalian matriks, persamaan 2.6 disederhanakan menjadi:

$$Av = (-b) \quad (2.7)$$

Dari informasi pada persamaan 2.7 tersebut, untuk mendapatkan nilai kecepatan objek dibutuhkan vektor yang mengindikasikan arah gerakan. Arah objek dan kecepatan ditampilkan pada persamaan:

$$\Delta E = E2 - E1 \quad (2.8)$$

$$V_E = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{E2-E1}{t2-t1} \quad (2.9)$$

E merupakan nilai x,y pada setiap vektor sehingga nilai objek pada program matlab dapat menampilkan kecepatan kendaraan dengan persamaan V_{Ex} dan V_{Ey} yang didapat dari persamaan:

$$V_E = \frac{\Delta x_i + \Delta y_i}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} i + \frac{\Delta y}{\Delta t} j$$

$$V_E = V_{Exi} + V_{Eyj} \quad (2.10)$$

$$|V_E| = \sqrt{V_{Ex}^2 + V_{Ey}^2}$$

Keterangan :

V_E : Kecepatan rata-rata metode *Lucas-Kanade*

V_{Ex} : Kecepatan pada sumbu x dengan metode *Lucas-Kanade*

V_{Ey} : Kecepatan Pada sumbu y dengan metode *Lucas-Kanade*

2.2.5 Hasil Deteksi Kendaraan

Untuk menentukan kecepatan kendaraan di jalan dapat dihitung dengan mencari total jarak objek bergerak dari satu titik ke titik lain kemudian dibagi dengan waktu perpindahannya. Dengan teknologi pemrosesan citra hal tersebut dapat dihitung dengan mendeteksi perpindahan piksel cahaya dari rangkaian gambar untuk kemudian dihitung menggunakan algoritma *Lucas-Kanade*. Dalam prosesnya perlu ditentukan *bounding box* pada *frame* yang berurutan setelah melakukan *foreground extraction* sebagai referensi perhitungan objek pengamatan. Hasil perhitungan tersebut menghasilkan nilai kecepatan serta mengklasifikasikan kecepatan kendaraan berdasarkan regulasi yang telah ditentukan.

Untuk mendapatkan nilai *error* hasil percobaan digunakan persamaan:

$$\%error = \frac{|kecepatan berkendara - kecepatan terdeteksi program|}{kecepatan berkendara} \times 100\% \quad (2.11)$$

Sedangkan untuk menghitung akurasi program dalam mengidentifikasi objek digunakan persamaan:

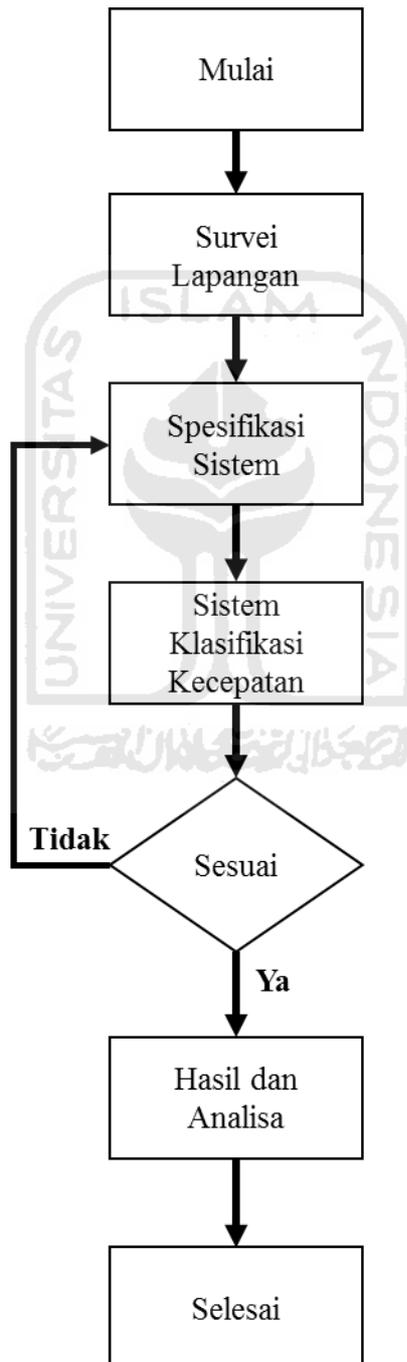
$$Akurasi = \frac{\text{Total objek terdeteksi program}}{\text{total data rekaman}} \times 100\% \quad (2.12)$$



BAB 3 METODOLOGI

3.1 Alur Penelitian

Penelitian sistem pendeteksi kecelakaan yang dilakukan ini melalui beberapa tahap penyelesaian yang dijelaskan pada diagram blok yang tertampil pada Gambar 3. 1 berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1.1 Survei Lapangan

Langkah pertama yang dilakukan dalam alur proses penelitian ini adalah melakukan penentuan lokasi dan pengambilan data video. *Sample* data diambil menggunakan kamera digital yang diletakan di atas tripod pada sisi jalan seperti tertampil pada Gambar 3.2. Jarak antara kamera dan kendaraan yang berjalan diatur sejauh 2 meter, sementara lintasan kendaraan berjalan sejauh 10 meter. Proses akuisisi citra dari kamera digital dilakukan dalam kondisi siang hari dimana kondisi intensitas cahaya yang terang dengan cuaca cerah serta intensitas cahaya berkisar di antara 20.000-120.000 lux. Kamera yang digunakan berupa kamera digital dengan resolusi 640x480 piksel. Data tersebut kemudian digunakan sebagai input data yang digunakan untuk menguji nilai kecepatan kendaraan. Jumlah data sebanyak 12 video diambil pada 2 tempat pengambilan data yang tertampil pada Tabel 3.1, dengan masing-masing video memiliki kecepatan bergerak yang telah ditentukan. Pada setiap skenario percobaan yang dilakukan adalah meletakkan kamera pada sisi jalan dalam keadaan diam menggunakan tripod kemudian dalam *frame* yang telah ditentukan, objek penelitian berupa kendaraan melawati *frame* kamera sembari direkam untuk kemudian digunakan sebagai data yang akan diuji.

Tabel 3.1 Skenario Pengambilan Data

Skenario	Tempat	Kondisi
1	Alun-alun selatan Kota Yogyakarta	Jalan ramai, terdapat objek lain selain kendaraan
2	Kawasan UGM	Jalan lengang, kendaraan berjalan lurus tanpa hambatan



Gambar 3. 2 Data Rekaman Video dari Kamera Digital

3.1.2 Spesifikasi sistem

Setelah ditentukan tempat serta pengamatan kondisi jalan yang ditentukan. Dilakukan rekayasa melalui simulasi untuk menyerupai kondisi riil kendaraan pada jalanan yang berada di Indonesia. Simulasi dilakukan dengan kondisi pengendara kendaraan berkendaraan dengan kecepatan yang telah ditentukan, dengan kondisi jalan yang lurus tanpa adanya hambatan. Batasan-batasan yang ditentukan dalam proses pengambilan gambar dijadikan sebagai spesifikasi pengujian sistem. Beberapa kondisi kemudian diaplikasikan pada kendaraan, diantaranya pengendara berkendaraan pada kecepatan 10 km/jam sampai dengan 50 km/jam melewati *frame*. Pada sistem ini ditentukan nilai *error* maksimum dari pembacaan nilai kecepatan jika dibandingkan dengan kondisi riilnya yang ditolerir sebesar 10% hal ini bertujuan agar kecepatan kendaraan dapat diklasifikasikan oleh sistem berdasarkan UU yang berlaku. Nilai *error* yang tinggi juga dapat mengindikasikan kesalahan pada sistem sehingga dibutuhkan pemrograman ulang. Dalam proses skenario yang telah ditentukan diharapkan dapat memotret keadaan *real* kondisi jalan yang umum dijumpai di Indonesia. Selain itu objek kendaraan berupa sepeda motor ditambahkan untuk menguji kemampuan sistem dalam mendeteksi objek kendaraan selain mobil. Pengujian dilakukan dengan kendaraan berupa mobil Xenia berwarna putih serta motor Honda Supra. Untuk lebih jelasnya spesifikasi sistem klasifikasi kecepatan kendaraan dijelaskan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi Sistem

No	Tujuan	Spesifikasi
1	% <i>error</i> pembacaan kecepatan (x)	$0 \leq x \leq 10$

2	Kecepatan kendaraan (min/maks)	(10/50) km/jam
3	Jenis Kendaraan	Mobil & Motor

3.1.3 Sistem Klasifikasi kecepatan

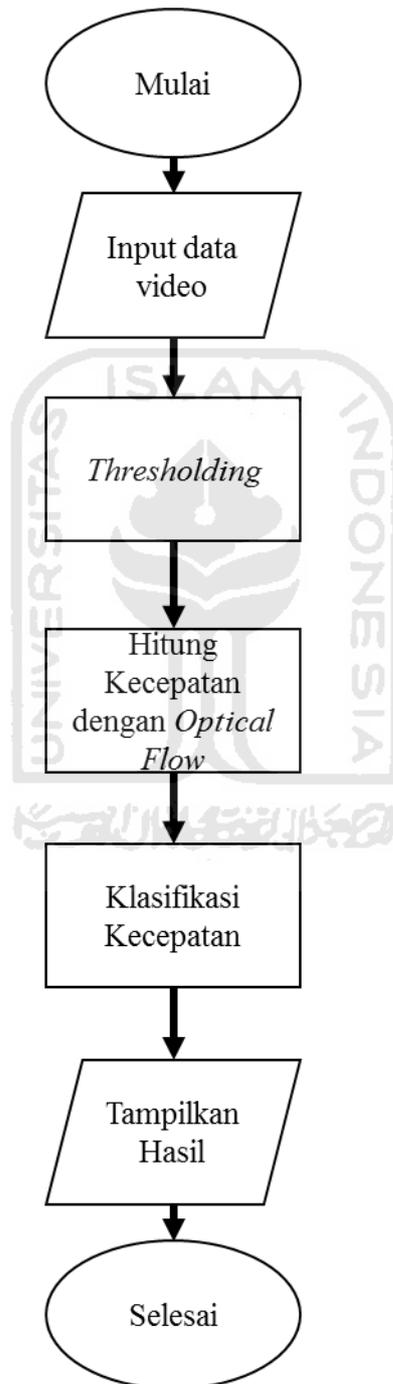
Sistem deteksi kecepatan memproses input video kendaraan untuk kemudian dianalisis menggunakan algoritma *Optical Flow Lucas-Kanade*. Nilai kecepatan diperoleh dari nilai vektor arah kecepatan yang dideteksi oleh algoritma tersebut. Keseluruhan proses ini menggunakan fitur yang tersedia dalam *software* Matlab 2016. Program dalam penelitian ini mampu membaca video untuk mendeteksi kendaraan yang sedang melintas pada suatu titik pengamatan untuk kemudian ditentukan kecepatannya berdasarkan perubahan *piksel* posisi koordinat kendaraan pada tiap *frame* dibanding satuan waktu. Hasil segmentasi dan *thresholding* citra berupa sinyal *grayscale* menggunakan metode *background subtraction* digunakan untuk membedakan objek yang ingin diidentifikasi dengan latar belakangnya. Objek yang bergerak ditampilkan berwarna putih sedangkan latar belakangnya berwarna hitam.

3.1.4 Hasil dan Analisis

Setelah seluruh rangkaian dilakukan, proses selanjutnya adalah membandingkan nilai yang terdeteksi pada sistem untuk dibandingkan dengan kondisi riil kecepatan berkendara kendaraan yang direkam melalui rekaman video. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besaran nilai *error* serta penjelasan mengenai faktor-faktor yang mengakibatkan besaran nilai *error* dapat terjadi.

3.2 Sistem deteksi kecepatan

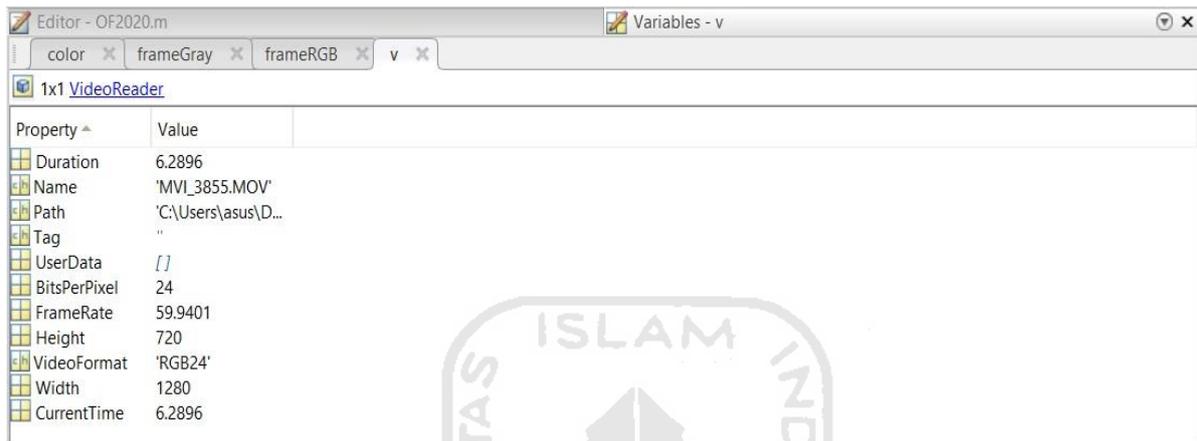
Sistem dirancang menggunakan software MATLAB 2016 yang digunakan sebagai perangkat untuk menampilkan hasil penelitian. Berikut Gambar 3.3 yang menampilkan diagram alir dari sistem pengklasifikasi kecepatan kendaraan berbasis pemrosesan citra dengan Metode *optical flow Lucas-Kanade* :



Gambar 3. 3 Diagram Alir Sistem Deteksi Kecepatan

3.2.1 Input data video

Setelah melakukan perekaman, hasil video disimpan dan dijadikan dalam satu *file*. Pemanggilan video untuk diolah program MATLAB dilakukan satu persatu untuk mendapatkan nilai kecepatan yang dihitung menggunakan *Optical Flow*. Setiap video juga memiliki skenario tersendiri untuk kemudian dapat dibandingkan dengan kondisi parameter yang menjadi acuan. Parameter video tersebut tertampil dalam MATLAB seperti pada Gambar 3. 4.



Gambar 3. 4 MATLAB Video Reader

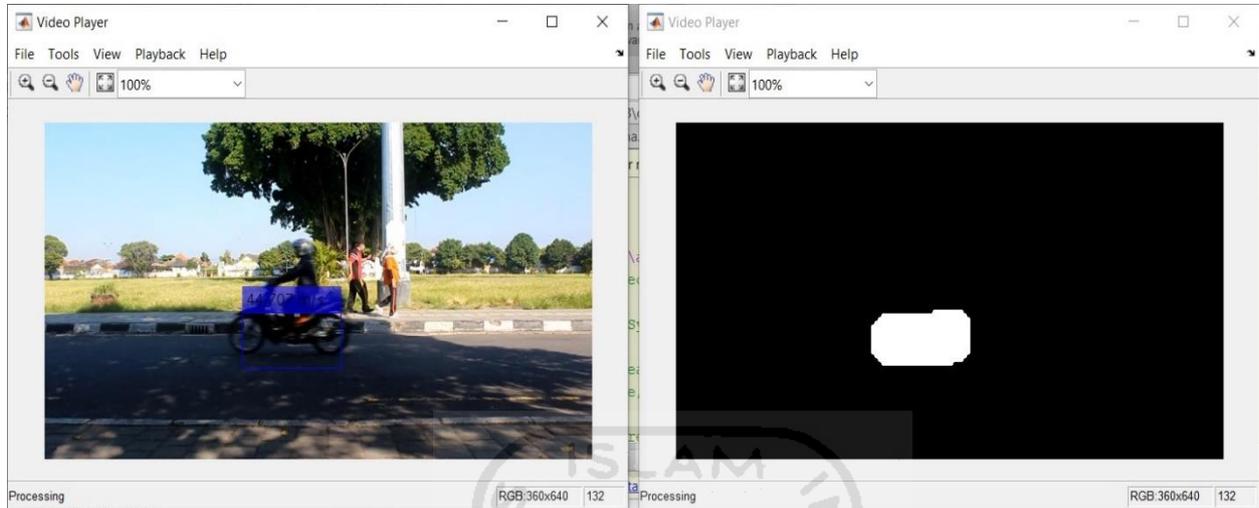
3.2.2 Thresholding Image

Thresholding digunakan untuk menentukan parameter berdasarkan intensitas piksel yang bersebelahan, kemudian diambil rata-rata intensitas dari objek, dimana intensitas cahaya yang terang dijadikan objek *foreground* dan objek dengan intensitas cahaya gelap dijadikan sebagai *background*. Proses Segmentasi/*Thresholding* citra menggunakan metode *GMM* dengan implementasi *Kalman filter*. Objek yang terlihat pada rekaman dideteksi lalu membentuk ROI (*Region of Interest*). Hasilnya lalu di isi dengan warna agar batasnya dapat terlihat dengan jelas. Setelahnya ROI disesuaikan dengan koordinat dari tinggi dan lebar piksel serta garis tepi. Keseluruhan proses ini bekerja secara otomatis, objek *di-tracking* secara berkala *frame by frame* sehingga diketahui arah geraknya. Kumpulan *frame* tersebut yang menyusun rekaman video menjadi seolah-olah seperti gambar yang bergerak.

3.2.3 Perhitungan Kecepatan dengan *optical flow*

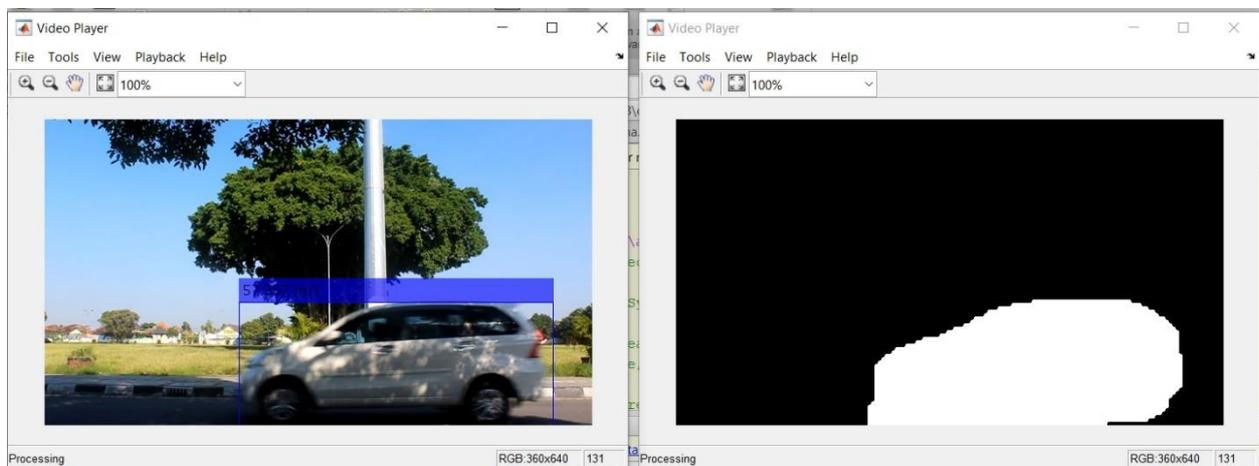
Metode *optical flow* bekerja dengan mengubah rekaman video yang semula berupa citra warna (RGB) diubah ke bentuk *grayscale*. Setelah melalui proses *thresholding* objek yang bergerak dihitung kecepatan pergerakannya menggunakan algoritma *Lucas-Kanade*. Hasil

perhitungan dengan algoritma *Lucas-Kanade* menghasilkan kecepatan kendaraan yang didefinisikan pada satuan km/h. Kecepatan kendaraan yang dideteksi kemudian dirata-rata untuk menentukan klasifikasi kecepatan berkendara berdasarkan kategori yang telah diatur dalam ketentuan Undang-Undang.



Gambar 3. 5 Deteksi Objek Kendaraan Sepeda Motor

Intensitas cahaya dan besar objek mempengaruhi sistem dalam mendeteksi kendaraan. Deteksi objek kendaraan menyesuaikan bentuk blob berdasarkan metode GMM yang bekerja secara otomatis. Perubahan bentuk blob berdasarkan pada objek yang melewati *frame* hasil rekaman. ROI dan *blob* yang terbentuk menyesuaikan dengan besar kendaraan yang terdeteksi pada *frame* hasil rekaman. ROI dan *blob* yang terbentuk pada Gambar 3. 5 ukurannya lebih kecil jika dibandingkan dengan Gambar 3. 6.



Gambar 3. 6 Deteksi Objek Kendaraan Mobil

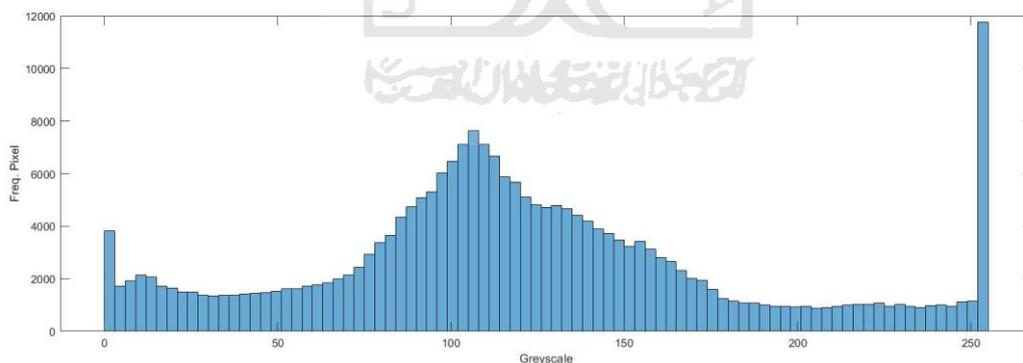
3.2.4 Klasifikasi Kecepatan

Pengkategorian kecepatan kendaraan berdasarkan undang-undang yang berlaku di Indonesia, dijelaskan dalam UU lalu lintas dan angkutan jalan Nomor 22 Tahun 2009, khusus terlampir pada pasal 21 ayat 1 mengenai aturan batas maksimal kecepatan kendaraan di jalan raya. Sementara itu secara lengkap batas kecepatan disebutkan dalam Tabel 3. 3 berikut berdasar PP. No. 79 tahun 2013.

Tabel 3. 3 Pengkategorian Kecepatan

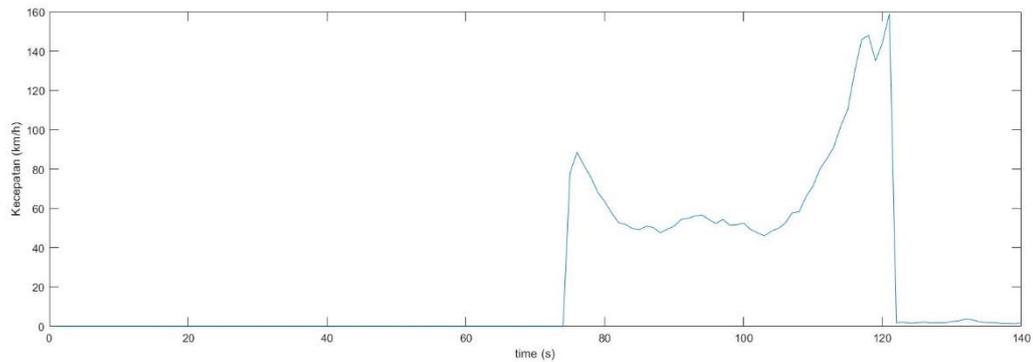
Kondisi	Min (km/jam)	Maks (km/jam)
Jalan tol	60	100
Jalan antar kota	10	80
Kawasan perkotaan	10	50
Kawasan pemukiman	10	30

3.2.5 Tampilan Hasil



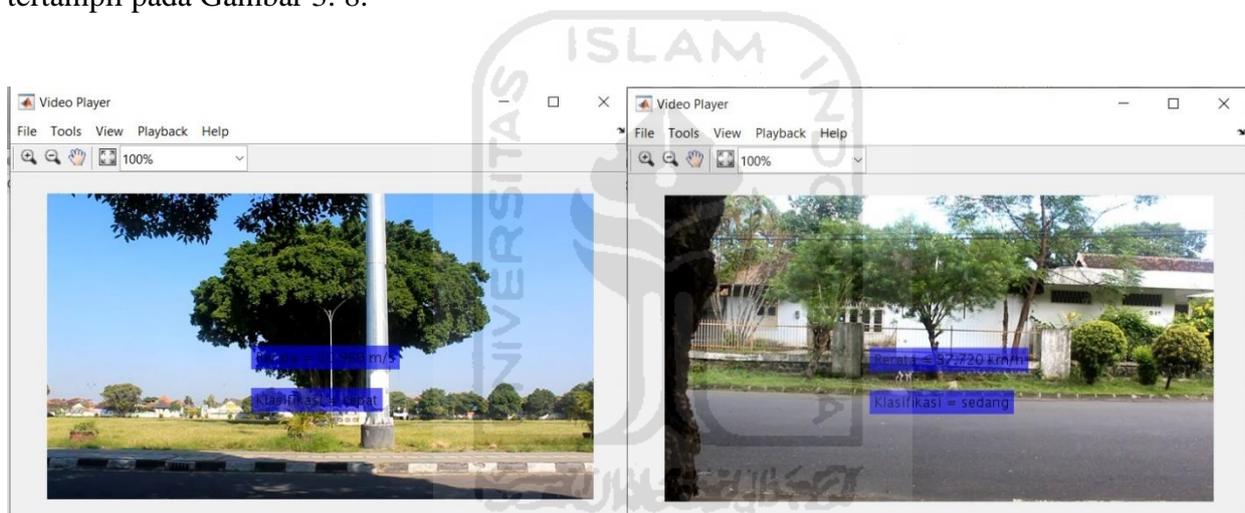
Gambar 3. 7 Histogram *Grayscale* Rekaman Video Kendaraan

Data citra pada setiap pikselnya memiliki nilai tersendiri. Dalam hal ini metode *Optical Flow* membaca nilai *grayscale* atau derajat keabuan yang dimiliki setiap rekaman. Hasil video rekaman yang sebelumnya berbentuk RGB diubah ke dalam bentuk *grayscale* dengan nilai 0-255 yang ditampilkan pada Gambar 3. 7.



Gambar 3. 8 Plot Kecepatan Hasil Deteksi *Optical Flow*

Hasil penggunaan algoritma *Lucas-Kanade* pada metode deteksi *optical flow* menghasilkan nilai kecepatan yang dapat diukur dan kemudian dibandingkan dengan kecepatan aslinya. Pada penelitian ini kecepatan kendaraan tidak konstan dan objek yang terdeteksi hanya satu seperti yang tertampil pada Gambar 3. 8.



Gambar 3. 9 Hasil Klasifikasi Kecepatan Kendaraan

Nilai kecepatan yang telah diketahui besarnya kemudian rata-ratanya diambil untuk mengkategorikan pergerakan kendaraan yang teramati kedalam klasifikasi kecepatan kendaraan yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil ini kemudian menjadi rujukan untuk dibandingkan dengan kondisi berkendara yang sebenarnya untuk kemudian diambil kesimpulan dalam penelitian. Tampilan hasil pengklasifikasian objek kendaraan pada program MATLAB yang digunakan tertampil pada Gambar 3. 9.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sistem Deteksi Kecepatan

Dilakukan pengujian terhadap sistem pendeteksi kecepatan kendaraan yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem yang dibangun. Tahapan dalam pengujian ini diantaranya, memberikan input berupa rekaman video kendaraan pada jalan, menghitung parameter kecepatan kendaraan dengan metode *Optical Flow Lucas-Kanade* kemudian diklasifikasikan berdasarkan kategori yang telah diatur Undang-Undang yang disesuaikan pada program seperti tertampil pada Tabel 4. 1, lalu membandingkan hasil pengujian dengan kondisi riil hasil perekaman.

Tabel 4. 1 kategori kecepatan pada program klasifikasi kecepatan

Skenario (kondisi)	Kategori kecepatan (x)		
	Pelan	Sesuai	Cepat
Skenario 1 (kawasan perkotaan)	$x < 10$ km/h	$10 \leq x \leq 50$ km/h	$x > 50$ km/h
Skenario 2 (kawasan pemukiman)	$x < 10$ km/h	$10 \leq x \leq 30$ km/h	$x > 30$ km/h

4.1.1 Input Rekaman Video

Dalam percobaan ini *sample* data yang digunakan berupa rekaman video yang berjumlah 12, 7 video merupakan hasil rekaman di alun-alun selatan dan 5 video berasal dari rekaman yang dilakukan pada kawasan UGM. Perekaman dilakukan terhadap objek kendaraan berupa mobil yang dilakukan pada dua tempat dengan kondisi jalan lurus bebas hambatan. Dua kondisi lokasi dipilih dikarenakan perbedaan karakteristik jalan, sehingga program hasil penelitian dapat diuji kemampuan deteksi objeknya serta dapat menampilkan hasil pengklasifikasian kecepatan kendaraan.

4.1.2 Hasil deteksi kecepatan kendaraan pada skenario 1



Gambar 4. 1 Kondisi Jalan Pada Skenario 1

Skenario 1 yang ditunjukkan pada gambar Gambar 4. 1 dirancang sebagai penerapan kondisi beserta karakteristik jalanan yang umum dijumpai di Indonesia, keadaan jalan yang memiliki 2 jalur dengan mayoritas pengguna jalan berupa pengendara kendaraan bermotor, berupa motor dan mobil. Serta kondisi jalan yang lurus memiliki potensi pengendara melakukan percepatan pada kendaraan yang dibawanya. Sistem digunakan sebagai pengklasifikasi kecepatan kendaraan.

Dalam proses perekaman, kondisi ramai dengan adanya pejalan kaki pada sisi jalan. Perekaman yang dilakukan pada pagi hari menyebabkan alun-alun selatan ramai digunakan masyarakat Yogyakarta sebagai sarana berolahraga. Data hasil percobaan pada skenario 1 tertampil pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan Pada Skenario 1

No. video	objek	hasil MATLAB (rerata(km/h)/ klasifikasi)	kecepatan berkendara (km/h)	%error
3854	motor	34,873/sesuai	30	16,24
3855	mobil	20,733/sesuai	20	3,6
3856	mobil	31,054/sesuai	30	3,5
3857	mobil	29,955/sesuai	30	0,1
3858	pejalan kaki, mobil	-	40	-
3859	mobil	44,598/sesuai	40	11,5
3860	mobil, pejalan kaki	-	50	-

Pada *sample* video 3854, motor dideteksi sebagai objek yang bergerak dengan kecepatan 34,9 km/h dimana persentase nilai *error* sebesar 16,24%. Klasifikasi menggunakan *kalman filter* membuat sistem dapat mendeteksi pergerakan objek kendaraan berupa sepeda motor, walaupun dalam *frame* yang sama terdapat orang yang sedang berjalan.

Hasil deteksi kecepatan pada rekaman *sample* video 3855 menghasilkan rerata nilai kecepatan yang dideteksi sebesar 20,73 km/h yang diklasifikasikan sebagai kecepatan yang sesuai pada kondisi jalanan perkotaan. Apabila dibandingkan dengan kecepatan sesungguhnya didapatkan nilai *error* sebesar 3,6%.

Pada saat rekaman dilakukan pada kondisi yang sama, didapatkan rekaman *sample* video 3856 dan 3857 kondisi jalan dalam keadaan lengang dengan kendaraan yang lewat hanya berupa kendaraan penguji coba sehingga nilai persentase *error* yang didapat kecil, hal ini mengindikasikan kondisi kecepatan yang didapat sistem deteksi hampir sama dengan kecepatan kendaraan di jalan raya yang direkam oleh kamera. Nilai persentase *error* kedua rekaman tersebut berada pada nilai 3,5% dan 3,6%.

Percobaan dengan *sample* video 3854, 3855, 3856, 3857, 3859 berhasil mengklasifikasikan kecepatan kendaraan yang melewati *frame* walaupun masih memiliki *error* jika dibandingkan dengan kecepatan berkendara yang telah ditentukan sehingga menghasilkan nilai rata-rata *error* sebesar 7%. Objek yang bergerak dideteksi oleh *Optical Flow* yang kemudian dengan algoritma *Lucas-Kanade* menampilkan nilai kecepatan dari kendaraan yang dideteksi oleh program. Rata-rata kecepatan yang dideteksi kemudian ditampilkan sebagai hasil perhitungan dengan klasifikasi kecepataannya.

Kondisi jalan pada percobaan dengan *sample* video 3858 ramai dilewati masyarakat yang berolahraga, kondisi ini menyebabkan sistem mendeteksi objek manusia yang bergerak antar *frame* sebagai kendaraan sehingga sistem tidak dapat mengklasifikasi hasil deteksi kecepatan pada penampil di akhir program. Hal ini juga terjadi pada rekaman dengan nomor video 3860.

Dari keseluruhan percobaan, terdapat 2 video dari 7 video hasil rekaman yang tidak menampilkan hasil perhitungan kecepatan. Hal ini diakibatkan oleh pendeteksian lebih dari satu objek oleh program sehingga program tidak menampilkan rerata dan klasifikasi kecepatan kendaraan. Nilai akurasi dari program yang dijalankan berbanding dengan program yang dapat menampilkan hasil kecepatan adalah sebesar 71,4%.

4.1.3 Hasil deteksi kecepatan kendaraan pada skenario 2



Gambar 4. 2 Kondisi Jalan Pada Skenario 2

Proses pengambilan data pada skenario 2 dilakukan pada kawasan UGM dimana kondisi jalanan berupa kawasan perumahan dengan intensitas kendaraan yang lewat cenderung sepi seperti yang tertampil pada Gambar 4. 2, sehingga memungkinkan mobil bergerak tanpa adanya hambatan sehingga perubahannya cenderung konstan. Perubahan kecepatan pada kendaraan diambil datanya untuk kemudian diolah menggunakan metode *optical flow* yang hasilnya ditampilkan pada Tabel 4. 3.

Tabel 4. 3 Data Hasil Percobaan Pada Skenario 2

No. video	objek	hasil MATLAB (rerata(km/h)/ klasifikasi)	kecepatan berkendara (km/h)	%error
3878	mobil	-	20	-
3879	mobil	-	20	-
3880	mobil	32,607/cepat	30	8,7
3881	mobil	32,832/cepat	30	9,4
3882	mobil	42,467/cepat	40	6,1

Sample video 3878 menunjukkan hasil rekaman pada skenario 2, objek kendaraan yang digunakan masih sama dengan skenario 1 berupa Daihatsu Xenia berwarna putih sebagai objek

kendaraan yang dideteksi kecepataannya. Pada percobaan ini program mendeteksi objek yang diam sebagai kendaraan yang bergerak akibat kamera yang digunakan dalam proses perekaman mengalami pergeseran sudut pandang. Hal ini mengakibatkan hasil deteksi program pada rekaman video dengan nomor 3878 dan 3879 tidak menampilkan hasil rerata kecepatan dan klasifikasi kecepataannya.

Untuk percobaan selanjutnya kondisi kamera stabil, sehingga didapatkan nilai perhitungan kecepatan yang dirata-rata serta pengkategorian nilai kecepatan tersebut hasil dari metode *optical flow* yang digunakan. Hasil dari pemrosesan citra pada rekaman dengan nomor 3880, didapatkan objek kendaraan bergerak dengan kecepatan 32,6 km/jam dengan nilai *error* jika dibandingkan dengan kecepatan berkendara sebenarnya didapat persentase *error* sebesar 8,7%. Pada percobaan 3881 dengan kecepatan berkendara yang sama program mendeteksi objek bergerak dengan kecepatan 32,832 km/jam atau dengan kata lain persentase *error*-nya sebesar 9,4%. Untuk percobaan selanjutnya, kendaraan ditingkatkan kecepataannya menjadi 40 km/jam dengan hasil deteksi menampilkan nilai rerata kecepatan kendaraan 42,46 km/jam, sehingga nilai persentase *error*-nya 6,1%.

Parameter pengambilan gambar sama seperti pada skenario 1, namun dalam percobaan ini dilakukan variasi lokasi yang bertempat pada kawasan UGM untuk mendapatkan lintasan jalan yang sepi. Dari hasil percobaan yang dilakukan didapatkan rata-rata *error* dalam perhitungan kecepatan adalah sebesar 8%, dimana program dapat mendeteksi 3 dari 5 video rekaman. Sehingga nilai identifikasi objeknya sebesar 60%. Kemampuan identifikasi objek pada skenario 2 ini memiliki nilai *error* yang besar dalam identifikasi objek dikarenakan kamera yang digunakan mengalami guncangan sehingga perpindahan sudut pandang pada jalan dianalogikan sebagai objek yang bergerak oleh program.

4.2 Pembahasan Hasil Pengujian Sistem Klasifikasi Kecepatan

Dari keseluruhan percobaan, sistem dapat mendeteksi kendaraan di jalan berupa mobil dan motor. Pada proses pengujian, didapatkan rerata nilai akurasi pembacaan sistem dalam membaca objek kendaraan kemudian mengklasifikasikannya adalah sebesar 65,7%. Dengan tingkat *error* pembacaan kecepatan kendaraan sebesar 7,4%. Hal ini telah sesuai dengan spesifikasi sistem yang telah dirumuskan sebelumnya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diujicobakan pada rekaman video, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pendeteksi kecepatan dapat mendeteksi kendaraan bergerak baik berupa mobil maupun motor.
2. Setiap kondisi membutuhkan *source code* yang berbeda tergantung *angle* pengambilan gambar, jarak tempuh objek dalam lintasan, serta besar/kecilnya objek yang ingin diamati.
3. Tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi objek sebesar 65,7% dengan *error* dalam perhitungan kecepatan sebesar 7,4%.
4. Faktor penyebab performa program dalam membaca hasil rekaman terganggu diantaranya adalah:
 - Objek yang dideteksi lebih dari 1.
 - Kamera sebagai pengambil sudut pandang mengalami guncangan.

5.2 Saran

Sebagai saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya, beberapa hal yang mungkin dapat dikembangkan diantaranya:

1. Meningkatkan akurasi dan penambahan metode guna meningkatkan performa program klasifikasi kecepatan yang telah digunakan.
2. Menambahkan parameter selain kecepatan serta pengembangan jenis objek yang dapat dideteksi dalam penelitian mengenai sistem deteksi kecelakaan.
3. Berdasarkan rekaman video yang digunakan, diharapkan untuk dapat mengakses video secara langsung atau *real-time* sehingga dapat menjadi indikator sistem pencegahan kecelakaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Pamungkas, "Mengenal Perilaku Pengendara Kendaraan dalam Upaya Mencegah Terjadinya Kecelakaan di Jalan Raya," *Jur. Tek. Sipil Politek. Negeri Semarang*, vol. 9, pp. 13–18, 2014.
- [2] R. A. O. K. Rahmat and K. Jumari, "Vehicle Detection Using Image Processing for Traffic Control and Surveillance System," *Proceeding 7th World Congr. Intell. Transp. Syst.*, no. June, pp. 1–8, 2015.
- [3] J. Hourdos, V. Garg, and P. Michalopoulos, "Accident Prevention Based on Automatic Detection of Accident Prone Traffic Conditions: Phase I," *Accid. Prev.*, vol. 1, p. 169, 2008.
- [4] F. Omar, "Car Accidents Prevention System," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 182, no. 14, pp. 5–9, 2018.
- [5] M. Islam, R. Hasan, I. Chowdhury, and T. Chowdhury, "Internet of Car: Accident Sensing, Indication and Safety with Alert system," in *American Journal of Engineering Research*, vol. 2, no. 10, 2013, pp. 92–99.
- [6] Y.-K. Ki, "Accident Detection System using Image Processing and MDR," *IJCSNS Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.*, vol. 7, no. 3, p. 35, 2007.
- [7] M. B. Frasetyo, "Sistem pendeteksi jatuh pada manusia berbasis pengolahan citra," Skripsi T. Elektro, F. T. Industri, and U. I. Indonesia, 2018.
- [8] N. Bhavanam, "Automatic Speed Control and Accident Avoidance Of vehicle using Multi Sensors Automatic Speed Control and Accident Avoidance Of vehicle using Multi Sensors," *Pap. Conf.*, no. July, pp. 64–67, 2014.
- [9] S. Kamijo, Y. Matsushita, K. Ikeuchi, and M. Sakauchi, "Traffic monitoring and accident detection at intersections," *IEEE Conf. Intell. Transp. Syst. Proceedings, ITSC*, vol. 1, no. 2, pp. 703–708, 1999.
- [10] M. Audi Ghaffari, "Pengukuran Kecepatan Kendaraan Menggunakan *Optical Flow*," Skripsi, FMIPA, ITS, 2017.
- [11] E. Erdfelder, "Vehicle speed estimation using image processing," no. April, pp. 1–12, 2013.
- [12] U. Khalil, T. Javid, and A. Nasir, "Automatic road accident detection techniques: A brief survey," *2017 Int. Symp. Wirel. Syst. Networks, ISWSN 2017*, vol. 2018-Janua, no. April, pp. 1–6, 2018.
- [13] A.G. Mangala and R. Balasubramani, "A Review On Vehicle Speed Detection Using Image Processing," *Int. J. Curr. Eng. Sci. Res.*, vol. 4, no. 11, pp. 23–28, 2017.
- [14] P. Subirats, Y. Goyat, B. Jacob, and E. Violette, "A New Road Safety Indicator Based on Vehicle Trajectory Analysis," *Transp. Res. Procedia*, vol. 14, no. 0, pp. 4267–4276, 2016.
- [15] D. Gattuso, G. Musolino, and A. Vitetta, "Behavioural Models of Traffic Flow on Motorway Supported by Automatic Image Processing," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 30, no. 8, pp. 967–973, 2017.

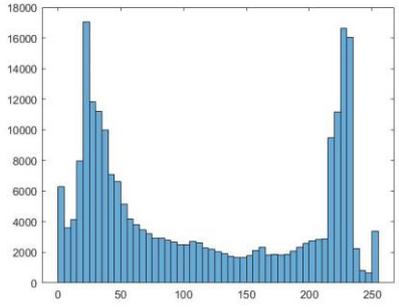
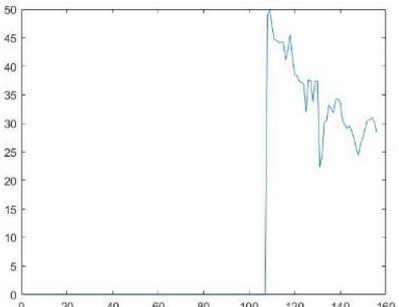
LAMPIRAN

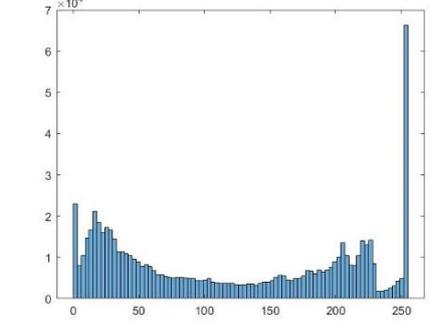
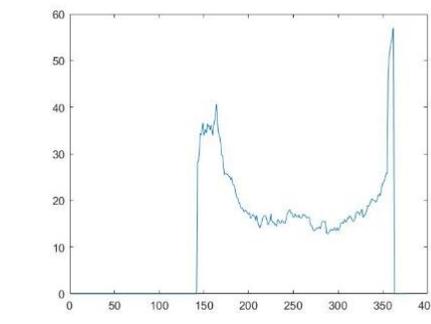
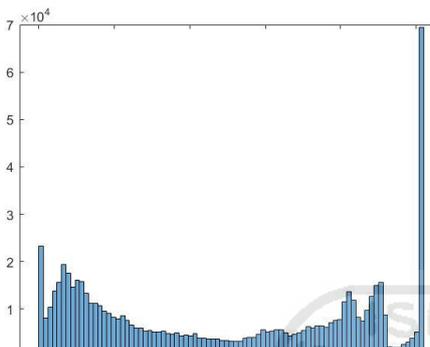
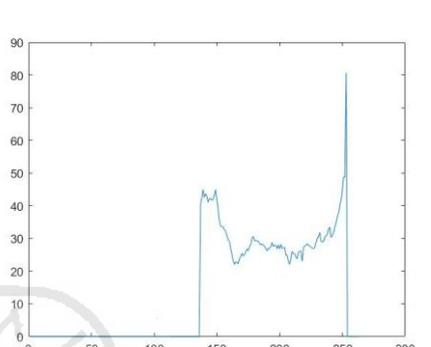
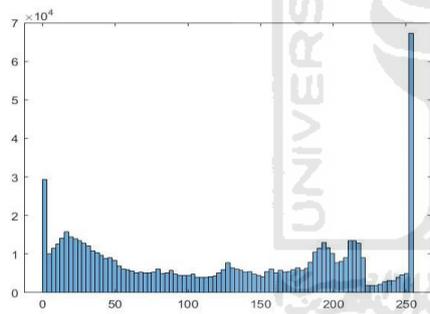
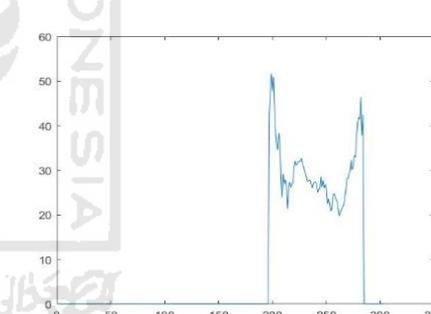
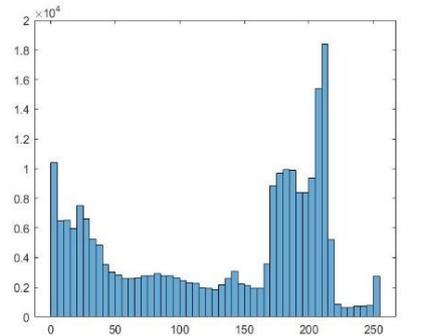
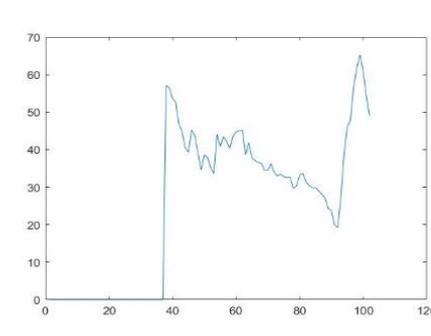
Lampiran 1- Rincian Biaya Skripsi

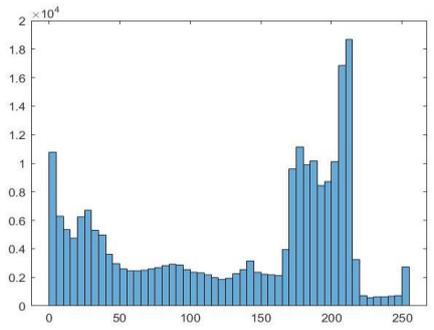
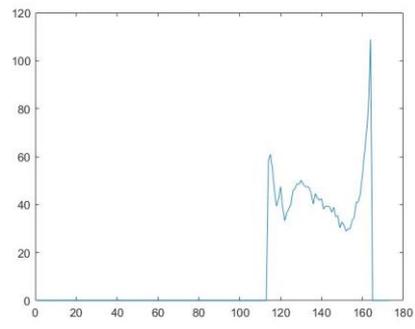
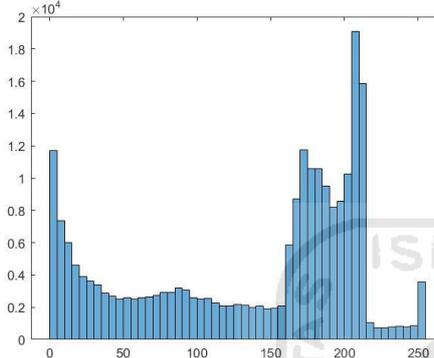
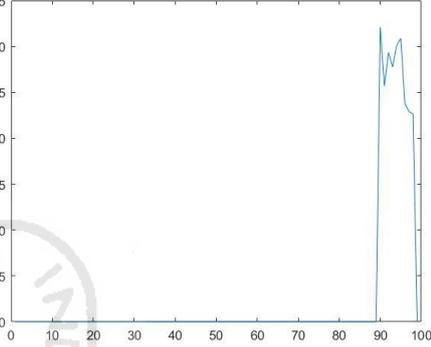
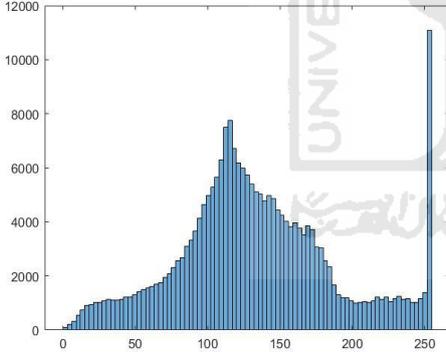
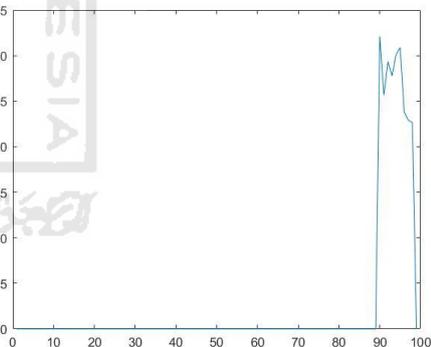
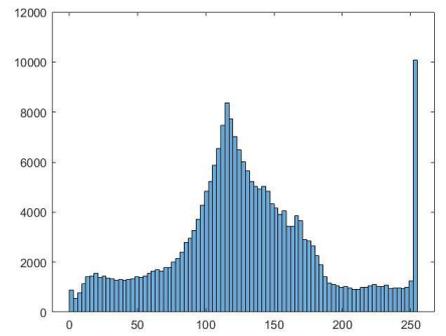
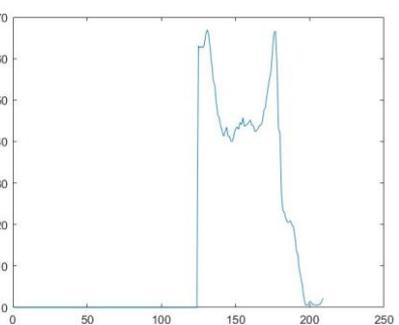
Rincian berupa lampiran keuangan tersebut dimaksudkan sebagai referensi pengeluaran biaya selama pengerjaan penelitian yang berkaitan dengan sistem klasifikasi kecepatan kendaraan berbasis pemrosesan citra.

No	Rincian	Pengeluaran (Rp)
1	Survey Lokasi	50.000,00
2	Bensin Kendaraan (objek penelitian)	100.000,00
3	Alat : 1. Laptop (ASUS G40 AMD A8) 2. Kamera Digital (Canon EOS Rebel T6)	3.500.000,00 5.000.000,00
Jumlah :		8.650.000,00

Lampiran 2 – Data hasil pembacaan rekaman video kecepatan kendaraan dengan metode *Optical Flow Lucas-Kanade*

No video	Nilai <i>Grayscale</i> Rekaman Video	Grafik Kecepatan Hasil Deteksi <i>Optical Flow</i>
3854		

3855	 <p>A histogram showing the distribution of data for ID 3855. The x-axis ranges from 0 to 250, and the y-axis ranges from 0 to 7 with a multiplier of $\times 10^4$. The distribution is bimodal, with a primary peak around x=10 and a secondary peak around x=240.</p>	 <p>A line plot for ID 3855. The x-axis ranges from 0 to 400, and the y-axis ranges from 0 to 60. The plot shows a sharp peak at approximately x=150 and another sharp peak at approximately x=350, with a dip in between.</p>
3856	 <p>A histogram showing the distribution of data for ID 3856. The x-axis ranges from 0 to 250, and the y-axis ranges from 0 to 7 with a multiplier of $\times 10^4$. The distribution is bimodal, with a primary peak around x=10 and a secondary peak around x=240.</p>	 <p>A line plot for ID 3856. The x-axis ranges from 0 to 300, and the y-axis ranges from 0 to 90. The plot shows a sharp peak at approximately x=150 and another sharp peak at approximately x=250, with a dip in between.</p>
3857	 <p>A histogram showing the distribution of data for ID 3857. The x-axis ranges from 0 to 250, and the y-axis ranges from 0 to 7 with a multiplier of $\times 10^4$. The distribution is bimodal, with a primary peak around x=10 and a secondary peak around x=240.</p>	 <p>A line plot for ID 3857. The x-axis ranges from 0 to 350, and the y-axis ranges from 0 to 60. The plot shows a sharp peak at approximately x=200 and another sharp peak at approximately x=280, with a dip in between.</p>
3858	 <p>A histogram showing the distribution of data for ID 3858. The x-axis ranges from 0 to 250, and the y-axis ranges from 0 to 2 with a multiplier of $\times 10^4$. The distribution is bimodal, with a primary peak around x=10 and a secondary peak around x=210.</p>	 <p>A line plot for ID 3858. The x-axis ranges from 0 to 120, and the y-axis ranges from 0 to 70. The plot shows a sharp peak at approximately x=40 and another sharp peak at approximately x=100, with a dip in between.</p>

3859		
3860		
3880		
3881		

3882

