

**DETEKSI KECEPATAN KENDARAAN BERBASIS
PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PADA CITRA
DENGAN KUALITAS CAHAYA RENDAH**

TUGAS AKHIR



OLEH:

ALDI RENADI
NPM. 202220108

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONTIANAK
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

DETEKSI KECEPATAN KENDARAAN BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PADA CITRA DENGAN KUALITAS CAHAYA RENDAH

TUGAS AKHIR

Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan tulisan hasil kerja saya sendiri dan bukan orang lain, kecuali kutipan dan ringkasan yang sudah dicantumkan sumbernya.

Pontianak, 20 September 2022



Aldi Renadi

NPM. 202220108

LEMBAR PERSETUJUAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
menerangkan bahwa:

Nama : Aldi Renadi

NPM : 202220108

Judul : Deteksi Kecepatan Kendaraan Berbasis Pengolahan Citra Digital Pada
Citra Dengan Kualitas Cahaya Rendah

DIPERIKSA DAN DISETUJUI

Dosen Pembimbing I



Alda Cendekia Siregar, S.Kom., M.Cs
NIDN. 1113098502

Dosen Pembimbing II



Rachmat Wahid Saleh Insani., S.Kom., M.Cs
NIDN. 1120079001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer



Fuazen, S.T., M.T
NIDN. 1122087301

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

Tugas akhir ini telah disidangkan dan dipertahankan di depan tim penguji pada hari Rabu, 28 September 2022 dan diterima sebagai salah satu syarat akhir studi pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Pontianak.

TIM PEMBIMBING

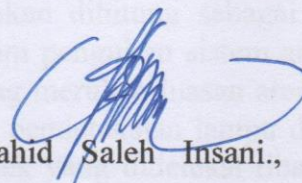
Dosen Pembimbing I



Alda Cendekia Siregar, S.Kom., M.Cs

NIDN. 1113098502

Dosen Pembimbing II

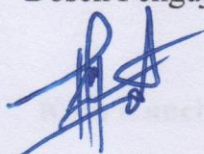


Rachmat Wahid Saleh Insani, S.Kom.,
M.Cs

NIDN. 1120079001

TIM PENGUJI

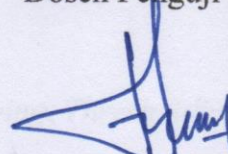
Dosen Penguji I



Syarifah Putri Agustini Alkadri, ST, M.Kom

NIDN. 1111088803

Dosen Penguji II

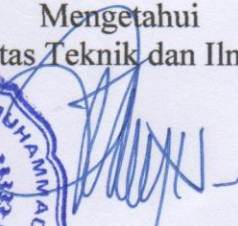


Asrul Abdullah, S.Kom, M.Cs

NIDN. 1128059002

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer




Frazen, S.T., M.T
NIDN. 1122087301

ABSTRAK

Kecepatan berkendara mempunyai risiko yang cukup tinggi untuk menyebabkan kecelakaan di jalan raya. Penggunaan kamera CCTV dapat digunakan untuk pengawasan lalu lintas dengan menambahkan teknologi *image processing* di dalamnya. Pada malam hari, fitur kendaraan yang paling terlihat jelas adalah lampu depan kendaraan yang bercahaya. Lampu depan kendaraan ini bisa digunakan untuk mendeteksi objek kendaraan yang lewat di jalan raya. Metode yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah pelacakan objek bergerak adalah *thresholding*. *Thresholding* merupakan sebuah teknik binerisasi yang prosesnya dilakukan berdasarkan nilai *threshold*. Suatu piksel dengan tingkat keabuan yang lebih tinggi dari *threshold* diklasifikasikan sebagai objek. Proses *pairing* digunakan untuk memasangkan lampu kendaraan untuk kendaraan roda empat karena memiliki dua lampu, sehingga akan dihitung sebagai satu objek. Faktor terbesar yang mengakibatkan *error* dalam pengujian sistem adalah masih terdapatnya *noise* yaitu gerakan suatu objek yang merubah luasan area dan memengaruhi jarak antar lampu kendaraan. Selain itu pendeteksian lampu depan kendaraan di area ROI tidak begitu konstan dan objek yang dideteksi tiba tiba menghilang sehingga hal ini menyebabkan kecepatan kendaraan tidak dapat diukur. Sistem mampu mendeteksi kendaraan yang terdapat pada video berdasarkan lampu depan kendaraan dengan menggunakan proses *pairing*. Hasil perhitungan pada video 1 menghasilkan akurasi 90%, video 2 menghasilkan akurasi 86,67%, video 4 menghasilkan akurasi 90%, video 5 menghasilkan akurasi 92,5% dan video 6 menghasilkan akurasi 92,5%. Sedangkan pada video 3, proses *pairing* tidak dapat dideteksi sehingga sistem tidak mampu mendeteksi kecepatan kendaraan.

Kata Kunci: Kecepatan, Kendaraan, *Pairing*, *Thresholding*

ABSTRACT

Driving speed has a high enough risk to cause an accident on the highway. The use of CCTV cameras can be used for traffic surveillance by adding image processing technology in it. At night, the most obvious feature of the vehicle is the glowing headlights of the vehicle. The headlights of this vehicle can be used to detect objects passing vehicles on the highway. The method that is often used in solving the problem of tracking moving objects is thresholding. Thresholding is a binary technique whose process is carried out based on the threshold value. A pixel with a gray level higher than the threshold is classified as an object. The pairing process is used to pair vehicle lights for four-wheeled vehicles because they have two lights, so they will be counted as one object. The biggest factor that causes errors in system testing is the presence of noise, namely the movement of an object that changes the area and affects the distance between vehicle lights. In addition, the detection of vehicle headlights in the ROI area is not so constant and the detected object suddenly disappears which causes the vehicle speed cannot be measured. The system can detect the vehicles contained in the video based on the vehicle's headlights using the pairing process. The calculation results in video 1 produce an accuracy of 90%, Video 2 produces an accuracy of 86.67%, Video 4 produces an accuracy of 90%, Video 5 produces an accuracy of 92,5%, Video 6 produces an accuracy of 92,5%. While in video 3, the pairing process cannot be detected so the system is unable to detect vehicle speed.

Keyword: *Speed, Vehicle, Pairing, Thresholding*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul “DETEKSI KECEPATAN KENDARAAN BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PADA CITRA DENGAN KUALITAS CAHAYA RENDAH” yang merupakan salah sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer (S.kom) pada Program Studi Teknik informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Pontianak.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari peran berbagai pihak yang telah banyak memberikan saran, bimbingan, doa, serta motivasi. Dalam kesempatan ini, penulis ini mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan nasihat dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Alda Cendekia Siregar, S.Kom., M.Cs sebagai dosen pembimbing utama yang telah memberikan bantuan, arahan, dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Rachmat Wahid Saleh Insani., S.Kom., M.Cs selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan dan masukan bagi penulis.
4. Seluruh Dosen dan tenaga pengajar di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer yang sudah memberikan ilmu dari awal perkuliahan hingga saat ini
5. Kepala dan staf perpustakaan Universitas Muhammadiyah Pontianak yang telah membantu penulis dalam mencari sumber referensi penelitian.
6. Serta pihak-pihak yang namanya tidak dapat disebut secara langsung yang telah memberikan bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca yang membangun sangat penulis harapkan untuk menjadi pelajaran di kemudian hari. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Pontianak, 18 September 2022

Aldi Renadi
NPM. 123456789

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR KODE SUMBER	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 <i>Python</i>	6
2.3 <i>OpenCV</i>	7
2.4 Pengolahan Citra	8
2.5 Jenis-jenis Citra	8
2.5.1 Citra Berwarna	8
2.5.2 Citra <i>Grayscale</i>	9
2.5.3 Citra Biner.....	10
2.6 Video Digital	10
2.7 <i>Frame Rate</i>	11
2.8 Operasi Morfologi pada Citra.....	11

2.8.1	Erosi	12
2.8.2	Dilasi	12
2.9	<i>Boundary Object</i>	12
2.10	Metode Analisis Blob	13
2.11	Perhitungan Kecepatan Kendaraan.....	13
2.11.1	Pengujian Kamera dan Perhitungan Sudut Pengambilan.....	14
2.11.2	Kecepatan Kendaraan.....	15
	BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1	Tahapan Penelitian	16
3.1.1	Studi Literatur dan Pengumpulan Data	16
3.1.2	Analisa dan Perancangan Sistem	17
3.1.3	Implementasi Sistem	17
3.1.4	Pengujian.....	18
3.1.5	Penarikan Kesimpulan	18
3.1.6	Penulisan Laporan Penelitian.....	18
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	19
	BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	21
4.1	Analisis Sistem.....	21
4.1.1	Analisis Sistem Perangkat Lunak.....	21
4.1.2	Analisis Kebutuhan Sistem	27
4.2	Perancangan Sistem.....	28
4.2.1	Perancangan Data.....	28
4.2.2	Perancangan Proses.....	29
4.2.3	Perancangan Antarmuka	32
4.3	Implementasi Sistem	33
4.3.1	Implementasi Akuisisi Video.....	33
4.3.2	Implementasi Proses <i>Grayscale</i>	34
4.3.3	Implementasi Proses Biner.....	34
4.3.4	Implementasi Operasi Morfologi	35
4.3.5	Implementasi Pemilihan Area ROI	35
4.3.6	Implementasi Deteksi Lampu Kendaraan dan <i>Pairing</i>	36
4.3.7	Objek <i>Tracking</i>	38

4.3.8	Implementasi Perhitungan kecepatan kendaraan	38
	BAB V HASIL DAN PENGUJIAN	40
5.1	Data Uji Coba	40
5.2	Tampilan Antarmuka Perangkat lunak	41
5.3	Penentuan Region Of Interest (ROI)	41
5.4	Uji Coba Video 1	42
5.5	Uji Coba Video 2	43
5.6	Uji Coba Video 3	44
5.7	Uji Coba Video 4	45
5.8	Pengujian Validasi Kecepatan kendaraan	46
	BAB VI PENUTUP	48
6.1	Kesimpulan	48
6.2	Saran	48
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Representasi citra RGB dan kanal warna penyusunnya.....	9
Gambar 2. 2 Citra hasil konversi RGB menjadi <i>grayscale</i>	9
Gambar 2. 3 Citra hasil konversi RGB menjadi biner	10
Gambar 2. 4 Proses Operasi Erosi.....	12
Gambar 2. 5 Proses Operasi Dilasi	12
Gambar 2. 6 Metode Analisis Blob.....	13
Gambar 2. 7 Sudut Pengambilan Kamera	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3. 2 Alur proses pembuatan sistem.....	20
Gambar 4. 1 Lokasi Akusisi Data Video	21
Gambar 4. 2 <i>Layout</i> Untuk Pengambilan Video	22
Gambar 4. 3 Sudut Kemiringan Kamera yang Berbeda, Kiri: 60°, Kanan: 45° ...	23
Gambar 4. 4 Penentuan ROI	23
Gambar 4. 5 Proses <i>Grayscale</i>	24
Gambar 4. 6 Proses Binerarisasi	25
Gambar 4. 7 Operasi Morfologi Lampu Depan Kendaraan.....	25
Gambar 4. 8 Deteksi Lampu Depan Kendaraan.....	26
Gambar 4. 9 Deteksi Kecepatan Kendaraan	26
Gambar 4. 10 Perancangan Proses Algoritma	30
Gambar 4. 11 Perancangan Proses <i>Pre-Processing</i> Dan Deteksi Lampu.....	30
Gambar 4. 12 Perancangan Proses <i>Pairing</i>	31
Gambar 4. 13 Perancangan Proses Perhitungan Kecepatan Kendaraan	32
Gambar 4. 14 Desain Antarmuka.....	33

Gambar 5. 1 Halaman Utama Tampilan Antarmuka	41
Gambar 5. 2 Penentuan <i>Region Of Interest</i> (ROI)	41
Gambar 5. 3 <i>Pre-processing</i> Video 1, (a) RGB, (b) Objek Lampu Kendaraan	42
Gambar 5. 4 Hasil Proses <i>Pairing</i> Video 1	43
Gambar 5. 5 <i>Pre-processing</i> Video 2, (a) RGB, (b) Objek Lampu Kendaraan	43
Gambar 5. 6 Hasil Proses <i>Pairing</i> Video 2	44
Gambar 5. 7 <i>Pre-processing</i> Video 3, (a) RGB, (b) Objek Lampu Kendaraan	44
Gambar 5. 8 Hasil Proses <i>Pairing</i> Video 3	45
Gambar 5. 9 <i>Pre-processing</i> Video 4, (a) RGB, (b) Objek Lampu Kendaraan	45
Gambar 5. 10 Hasil Proses <i>Pairing</i> Video 4	46

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Kebutuhan Sistem	27
Tabel 4. 2 Tabel Data Proses.....	29
Tabel 5. 1 Tabel Data Uji Coba.	40
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Kecepatan Kendaraan	46

DAFTAR KODE SUMBER

Kode Sumber 2. 1 Contoh Kode Bahasa <i>Python</i>	7
Kode Sumber 2. 3 Implementasi <i>Binary Threshold Opencv</i>	10
Kode Sumber 4. 1 Konversi RGB Menjadi <i>Grayscale</i>	24
Kode Sumber 4. 2 Implementasi Akuisisi Video.....	34
Kode Sumber 4. 3 Implementasi Proses <i>Grayscale</i>	34
Kode Sumber 4. 4 Implementasi Proses Biner.....	34
Kode Sumber 4. 5 Implementasi Operasi Morfologi	35
Kode Sumber 4. 6 Implementasi Pemilihan Area ROI.....	36
Kode Sumber 4. 7 Implementasi Deteksi Lampu Kendaraan dan <i>Pairing</i>	37
Kode Sumber 4. 8 Implementasi Objek <i>Tracking</i>	38
Kode Sumber 4. 9 Implementasi Perhitungan kecepatan kendaraan	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecepatan berkendara mempunyai risiko yang cukup tinggi untuk menyebabkan kecelakaan di jalan raya. Menurut laporan dari *World Health Organization* (WHO), Kecelakaan lalu lintas di Indonesia merupakan salah satu penyebab utama kematian dengan jumlah kematian yang mencapai 2,4 juta orang setiap tahunnya dan berada pada peringkat ketiga [1]. Sedangkan menurut data dari Satlantas Polresta Pontianak Kota per Desember 2019 mencatat ada 329 kecelakaan lalu lintas. Kondisi tahun tersebut justru mengalami penurunan jika dibandingkan dengan tahun 2018 yang sebanyak 424 kasus[2]. Kecelakaan lalu lintas dapat disebabkan oleh pengemudi yang mengemudi dengan kecepatan di atas batas yang ditentukan. Dengan demikian, perlu adanya upaya untuk menertibkan perilaku berisiko ini.

Batas kecepatan kendaraan telah ditetapkan dalam UU No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan serta Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2013. Disebutkan dalam Pasal 21 UU No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, setiap jalan memiliki batas kecepatan paling tinggi yang ditetapkan secara nasional[3]. Sementara ketentuan batas-batas kecepatan tersebut, secara rinci dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2013, yakni untuk jalan bebas hambatan, ditetapkan batas kecepatan paling rendah 60 km/jam dalam kondisi arus bebas dan paling tinggi 100 km/jam. Untuk jalan antarkota, batas kecepatan paling tinggi adalah 80 km/jam. Untuk kawasan perkotaan, batas kecepatan paling tinggi adalah 50 km/jam dan untuk kawasan permukiman batas kecepatan paling tinggi adalah 30 km/jam[4].

Metode yang paling sering digunakan untuk mengukur kecepatan kendaraan adalah RADAR (*Radio Detection and Ranging*) atau LIDAR (*Laser Infrared Detection and Ranging*). Tujuan dari alat ini adalah untuk menekan angka pelanggaran lalu lintas yang disebabkan oleh pengemudi yang melebihi ambang

batas kecepatan kendaraan yang telah ditetapkan. Walaupun begitu, dibutuhkan biaya yang cukup besar untuk membeli alat tersebut dan memerlukan keterampilan khusus untuk mengoperasikannya.

Penggunaan kamera CCTV sebagai alat pengawasan lalu lintas pada saat ini dapat dimaksimalkan dengan menambahkan teknologi *image processing*. Kecepatan kendaraan yang melewati jalan bisa dipantau dengan menggunakan teknologi ini, sehingga mempermudah dalam memantau dan memberikan tindakan terhadap pelanggaran lalu lintas. Pemantauan secara langsung memiliki keterbatasan di lapangan, namun dengan adanya teknologi *image processing*, memantau lalu lintas menjadi lebih efisien.

Untuk menghitung kecepatan kendaraan yang melintasi jalan raya, sistem terlebih dahulu harus mendeteksi objek kendaraan yang ditangkap oleh kamera. Tidak seperti di siang hari, tingkat pencahayaan di waktu malam hari sangatlah minim, sehingga menyulitkan untuk mendeteksi kendaraan yang lewat. Pada malam hari, fitur kendaraan yang paling terlihat jelas adalah lampu depan kendaraan yang bercahaya. Lampu depan kendaraan ini bisa dipergunakan untuk mendeteksi objek kendaraan yang lewat di jalan raya.

Salah satu metode yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah pelacakan objek bergerak adalah dengan melakukan operasi pengambangan (*thresholding*)[5]. Operasi ini mengelompokkan nilai derajat keabuaan setiap piksel ke dalam dua kelas, yaitu hitam dan putih. Wilayah objek diset warna putih, sedangkan piksel yang tersisa diset berwarna hitam.

Berdasarkan apa yang telah dikemukakan, penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian mengenai Deteksi Kecepatan Kendaraan Berbasis Pengolahan Citra Digital pada Citra dengan Kualitas Pencahayaan Rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana membangun perangkat lunak yang dapat memproses informasi citra dari video digital untuk mendeteksi kecepatan kendaraan pada kualitas pencahayaan yang rendah berdasarkan lampu depan kendaraan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

- a. Data input untuk eksperimen diperoleh dari video yang merekam pergerakan kendaraan di Jalan Tanjung Pura Kota Pontianak pada malam hari
- b. Kamera digital dalam kondisi tidak bergerak.
- c. Sudut pemasangan kamera yang diambil ketika merekam adalah sebesar 60 derajat dengan jangkauan pandangan seluruh jalan arus satu arah.
- d. Kondisi cuaca dalam keadaan normal, sehingga kamera dapat mengambil gambar objek yang dideteksi dengan jelas.
- e. Kendaraan yang terdeteksi adalah kendaraan roda empat dengan dua lampu depan dalam kondisi baik

1.4 Tujuan Penelitian

Bagaimana membangun dan menganalisa perangkat lunak yang dapat memproses informasi citra dari video digital untuk mendeteksi kecepatan kendaraan pada kualitas pencahayaan yang rendah berdasarkan lampu depan kendaraan.

1.5 Manfaat Penelitian

Perangkat lunak yang dibuat dapat memberikan data statistik mengenai kecepatan rata-rata kendaraan yang melintasi di jalan raya pada malam hari karena terdapat sistem pengawas yang dapat mengidentifikasi kecepatan kendaraan.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah studi literatur, pengumpulan data, analisa perancangan sistem, implementasi, pengujian dan penarikan kesimpulan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan menjelaskan struktur dan isi dari setiap bab dalam laporan tugas akhir, serta hubungan antara bab-bab yang berurutan. Sistematika penulisan penelitian ini dibagi menjadi beberapa bab, yaitu:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi mengenai gambaran umum dari penulisan penelitian yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan, serta sistematika.

BAB II Landasan Teori

Bab ini membahas mengenai kajian terdahulu dan beberapa teori pendukung yang berasal dari buku dan jurnal yang berhubungan dengan pembahasan pada penelitian ini.

BAB III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

BAB IV Perancangan dan Implementasi Sistem

Bab ini akan menguraikan bagaimana tahapan-tahapan dalam perancangan implementasi. Pembahasan perancangan implementasi dimulai dari perancangan *pre-processing*.

BAB V Pengujian dan Analisa

Bab ini berisi uraian tentang hasil pengujian program berdasarkan rekaman video arus lalu lintas pada malam hari. Rekaman video ini digunakan sebagai bahan untuk menarik kesimpulan dan saran.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini mengemukakan kesimpulan yang berisi tentang ringkasan hasil implementasi dan pengujian serta saran yang berisi tentang usulan-usulan terhadap penyelesaian lebih lanjut dari permasalahan yang dikaji.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini, didapatkan beberapa kesimpulan dari sebagai berikut :

1. Proses *pairing* digunakan untuk memasang lampu kendaraan untuk kendaraan roda empat karena memiliki dua lampu, sehingga akan dihitung sebagai satu objek.
2. Hasil perhitungan pada video 1 menghasilkan akurasi 90%, video 2 menghasilkan akurasi 86,67%, video 4 menghasilkan akurasi 90%, video 5 menghasilkan akurasi 92.5% dan video 6 menghasilkan akurasi 92,5%. Namun, video 3 mengalami kendala dalam proses *pairing* sehingga sistem tidak dapat mendeteksi kecepatan kendaraan.
3. Faktor terbesar yang mengakibatkan *error* atau kesalahan dalam pengukuran kecepatan kendaraan adalah masih terdapatnya *noise* yaitu gerakan suatu objek yang merubah luasan area dan memengaruhi jarak antar lampu kendaraan. Selain itu pendeteksian lampu depan kendaraan di area ROI tidak begitu konstan dan objek yang dideteksi tiba tiba menghilang.

6.2 Saran

Sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya, ada beberapa hal yang mungkin bisa dikembangkan, di antaranya:

1. Hendaknya sistem pengukuran kecepatan kendaraan dapat dikembangkan untuk arus lalu lintas dua arah dan juga mampu mengidentifikasi plat nomor kendaraan.
2. Diharapkan untuk dapat mengakses video secara *realtime*, sehingga dapat menjadi indikator sistem pencegahan kecelakaan di jalan raya.

DAFTAR PUSTAKA

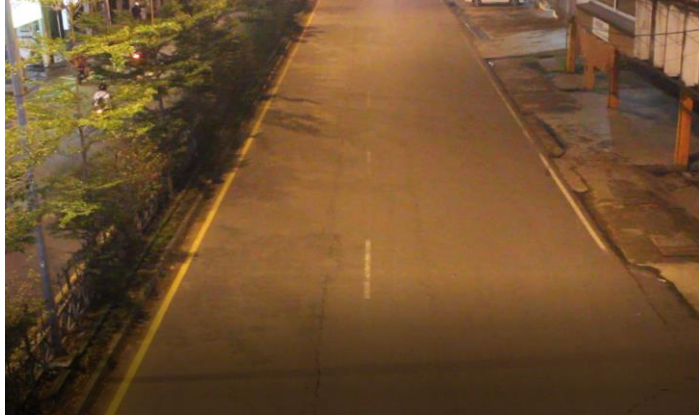
- [1] Rokom, “Menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO), kecelakaan lalu lintas di Indonesia merupakan penyebab kematian nomor tiga terbesar karena menewaskan 2,4 juta orang setiap tahun,” *sehatnegeriku.kemkes.go.id*, 2011. <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilis-media/20110609/351156/kecelakaan-lalu-lintas-penyebab-utama-kematian-nomor-3/> (accessed Mar. 17, 2022).
- [2] HARYADI, “83 Nyawa Melayang di Jalan, Kelalaian Masih Jadi Faktor Utama Laka Lantas,” *pontianakpost.jawapos.com*, 2019. <https://pontianakpost.jawapos.com/metropolis/22/12/2019/83-nyawa-melayang-di-jalan-kelalaian-masih-jadi-faktor-utama-laka-lantas/> (accessed Mar. 17, 2022).
- [3] D. V. Putsanra, “Batas Kecepatan Kendaraan Bermotor di Jalan & Sanksi bagi Pelanggar,” *Tirto.id*, 2019. <https://tirto.id/batas-kecepatan-kendaraan-bermotor-di-jalan-sanksi-bagi-pelanggar-ekAX> (accessed Mar. 17, 2022).
- [4] Aditya Maulana, “Ingat Lagi Aturan Batas Kecepatan Kendaraan di Jalan,” *otomotif.kompas.com*, 2019. <https://otomotif.kompas.com/read/2019/04/14/113100015/ingat-lagi-aturan-batas-kecepatan-kendaraan-di-jalan> (accessed Mar. 17, 2022).
- [5] Rinaldi Munir, “Aplikasi Image Thresholding Untuk Segmentasi Objek,” *IEEE Pacific RIM Conf. Commun. Comput. Signal Process. - Proc.*, vol. 1, no. 1, pp. 585–588, 1995.
- [6] M. Zulfikri, K. Abd Latif, R. Hammad, M. Syahrir, and P. Studi, “Deteksi dan Estimasi Kecepatan Kendaraan dalam Sistem Pengawasan Lalu Lintas Menggunakan Pengolahan Citra Detection and Estimation of Vehicle Speed in Traffic Control Systems Using Image Processing,” *Agustus*, vol. 20, no. 3, pp. 455–467, 2021.
- [7] Sidik, Firmansyah, and S. Anwar, “Perbaikan Citra Malam (Tidak Infrared) Dengan Metode Histogram Equalization Dan Contrast Stretching,” *J. Ilmu Pengetah. Dan Teknol. Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 203–210, 2019.
- [8] B. Bagus, P. Utama, F. T. Elektro, and U. Telkom, “ANALISA ALGORITMA PENGHITUNG KENDARAAN RODA EMPAT DALAM KONDISI SIANG dan MALAM HARI DENGAN METODE FRAME INTERSECTION FOUR WHEELED VEHICLE COUNTER ALGORHTHYM at DAY and NIGHT ANALYSIS USING FRAME INTERSECTION METHOD,” vol. 4, no. 1, pp. 428–435, 2017.
- [9] A. Sindar and R. M. Sinaga, “DIGITAL,” vol. 1, no. 2, pp. 48–51, 2017.
- [10] D. Matematika, “Deteksi dan perhitungan jumlah kendaraan bergerak pada waktu malam hari berbasis pengolahan citra digital,” 2017.
- [11] D. Oleh, “PERANCANGAN PROGRAM PENGHITUNG JUMLAH KENDARAAN DI LINTASAN JALAN RAYA SATU ARAH

MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN C++ DENGAN PUSTAKA OPENCV Publikasi Jurnal Skripsi,” *J. Mhs. Tek. Elektro Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 6, p. 120145, 2014, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/120145/>

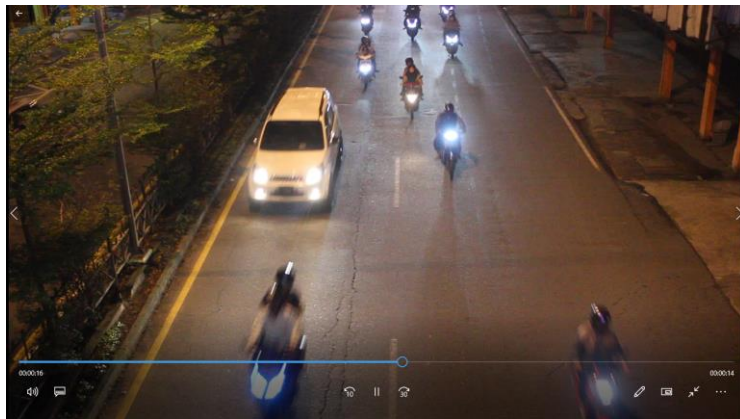
- [12] H. A. A. Wahyu Wibiwo, Brodjol Sutijo Suprih Ulama, “Belajar Pemrograman Bahasa Python.” p. 135, 2020.
- [13] python.org, “About Python.” <https://www.python.org/about/> (accessed Jun. 28, 2022).
- [14] opencv.org, “OpenCV.” <https://opencv.org/about/> (accessed Jun. 27, 2022).
- [15] D. A. Wahyudi and I. H. Kartowisastro, “Menghitung Kecepatan Menggunakan Computer Vision,” *J. Teknik Komput.*, vol. 19, no. 2, pp. 89–101, 2011.
- [16] M. K. Sri Ratna Sulistiyanti, FX Arianto Setyawan, *Pengolahan Citra Dasar Dan Contoh Penerapannya*, 1st ed. Yogyakarta: Teknosain, 2016. [Online]. Available: [http://repository.lppm.unila.ac.id/2976/2/05-Buku Ajar Pengolahan Citra.pdf](http://repository.lppm.unila.ac.id/2976/2/05-Buku_Ajar_Pengolahan_Citra.pdf)
- [17] F. D. Marleny, *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Python*, 1st ed. Banyumas: CV. Pena Persada, 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/358220979_Pengolahan_Citra_Digital_Menggunakan_Python
- [18] R. N. Christianto and Y. D. Prabowo, “Aplikasi Perekam Citra Berdasarkan Pergerakan Objek Yang Nampak,” *KALBIScientia*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [19] N. Indra, “Normalized frame difference,” vol. 1, no. 1, pp. 30–33, 2014.
- [20] M. K. Dr. Ir. Sumijan, M.Sc. Pradani Ayu Widya Purnama, *Teori dan aplikasi pengolahan citra digital penerapan dalam bidang citra medis*, 1st ed. Selayo, Kubung, Solok Sumatra Bara: INSAN CENDEKIA MANDIRI, 2021. [Online]. Available: <http://repository.upiyptk.ac.id/3712/>
- [21] J. Matematika, “Software Development for Speed Detection of Moving Vehicle Based on Digital Image,” 2016.

LAMPIRAN

1. Kondisi Jalan di depan Pasar Tengah Pontianak



2. Dokumentasi pengambilan video di jembatan penyeberangan orang di depan Pasar Tengah Pontianak.



3. Pengukuran di Speedometer pada mobil Daihatsu Gran Max Pick-Up



BIOGRAFI PENULIS



IDENTITAS PRIBADI

Nama Lengkap : Aldi Renadi
Tempat, tanggal lahir : Sambas, 12 Maret 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum menikah
Alamat : Jalan Parit Haji Husein II, Komplek Mitra Indah Utama IV, Gg. Karya 10, Nomor 5
Nomor whatsapp : 0878-4209-5877
Email : aldirenadi120399@gmail.com
Kata kata motivasi : “Untuk jadi maju memang banyak hambatan, kecewa semenit dua menit boleh, tetapi setelah itu harus bangkit lagi” (Ir. Joko Widodo)

PENDIDIKAN FORMAL

2020 – 2022 : S1 Universitas Muhammadiyah Pontianak
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika
2017 – 2022 : D3 Politeknik Negeri Pontianak
Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Informatika
2014 – 2017 : SMAN 1 Sambas
2011 – 2011 : SMPN 1 Sambas
2005 – 2011 : SDN 1 Mentawa

