

TESIS

**DETEKSI KECELAKAAN BERBASIS PERUBAHAN POLA
BERKENDARA MENGGUNAKAN PARAMETER ARAH DAN
KECEPATAN KENDARAAN**

*Accident Detection Based on Changes in Driving Patterns
Using Vehicle Direction and Speed Parameters*

**ANDI SYARWANI
D032191020**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

PENGAJUAN TESIS

**DETEKSI KECELAKAAN BERBASIS PERUBAHAN POLA
BERKENDARA MENGGUNAKAN PARAMETER ARAH DAN
KECEPATAN KENDARAAN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI SYARWANI
D032191020**

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

TESIS
DETEKSI KECELAKAAN BERBASIS PERUBAHAN
POLA BERKENDARA MENGGUNAKAN
PARAMETER ARAH DAN KECEPATAN
KENDARAAN

ANDI SYARWANI
D032191020

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 4 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Amil Ahmad Ilham, ST., M.IT.
NIP. 19731010 199802 1 001



Prof. Dr. Eng. Ir. Syafaruddin, ST., M.Eng. IPU.
NIP. 19740530 199903 1 003

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., IPM
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Elektro



Dr. Eng. Ir. Wardi, S.T, M.Eng.
NIP. 19720828 199903 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Andi Syarwani
Nomor Mahasiswa : D032191020
Program Studi : S2 Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Informatika

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “**Deteksi Kecelakaan Berbasis Perubahan Pola Berkendara Menggunakan Parameter Arah dan Kecepatan Kendaraan**” adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT. dan Prof. Dr. Eng. Syafaruddin, S.T, M.Eng.IPU). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan pada Konferensi Internasional (*International Conference on Artificial Intelligence, Robotics, Signal, and Image Processing (AIROSIP) 2023* tahun 2023) dengan judul “*Determine Traffic Accidents Based on Changes in Driving Patterns*”.

Dengan ini saya limpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin

Gowa, 04 Agustus 2023
Yang menyatakan


METERAI
TEMPEL
BCE7AKX606144097
Andi Syarwani

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil ‘alamin, allahumma sholli wa sallim ‘ala nabiyyina Muhammad. Rasa syukur yang begitu besar atas Puji Syukur Senantiasa kita panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wata’ala* yang telah memberikan rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya dalam menyelesaikan penulisan tesis dengan judul **“Deteksi Kecelakaan Berbasis Perubahan Pola Berkendara Menggunakan Parameter Arah dan Kecepatan Kendaraan”** dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta Salam tidak lupa kita senantiasa kirimkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad *Shallallahu ‘Alaihi Wasallam* yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat manusia.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar **Magister Teknik (M.T)** pada program studi S2 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makasar. Dengan mengucapkan syukur yang sedalam-dalamnya, gelar ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, ayahanda **Andi Nasaruddin Djafar**, dan ibunda **Andi Masyitah Mappa** yang senantiasa memberikan dukungan baik dalam segi moral dan materil, motivasi dan doa yang tidak henti-hentinya dipanjatkan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Terima kasih pula kepada saudara, ponakan, serta kepada sahabat **Hartinah** yang senantiasa memberikan semangat dan doa kepada penulis.

Dalam penyusunan tesis ini, tentunya tidak lepas dari dukungan dari seluruh pihak. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dewan pembimbing Bapak Dr.Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT. dan Bapak Prof. Dr.Eng.Ir. Syafaruddin, S.T., M.Eng., IPU yang dengan sabar dan penuh tanggung jawab memberikan bimbingan, masukan serta motivasi kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.
2. Dewan Penguji, Bapak Muhammad Bachtiar Nappu, ST., MT., M.Phil., Ph.D., Bapak Prof.Dr-Ing.Ir. Faizal Arya Samman, ST., MT. IPU, serta Ibu Hasniaty

A, ST., M.T., Ph.D., yang telah memberikan saran yang membangun selama penelitian ini dilakukan.

3. Dosen dan staf Universitas Hasanuddin Makassar, khususnya program studi magister Teknik Elektro yang selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk terus melanjutkan pendidikan.
4. Rekan-rekan mahasiswa S2 Teknik Elektro 2019-1 Universitas Hasanuddin yang telah memberi dukungan dan motivasi dalam penyelesaian studi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih sangat jauh dari kata sempurna dan mempunyai banyak kekurangan. Sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk kedepannya sehingga dapat memberikan manfaat bagi seluruh pembaca. Akhir kata, penulis menyampaikan permohonan yang sebesar-besarnya kepada pembaca sekiranya terdapat kesalahan-kesalahan dalam penyusunan tesis ini, wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Gowa, 04 Agustus 2023

Andi Syarwani

ABSTRAK

ANDI SYARWANI. Deteksi Kecelakaan Berbasis Perubahan Pola Berkendara Menggunakan Parameter Arah dan Kecepatan Kendaraan. (dibimbing oleh **Amil Ahmad Ilham**, dan **Syafaruddin**).

Keberadaan sistem pengawasan visual dalam mendeteksi terjadinya kasus kecelakaan sangat diperlukan terutama dalam meminimalisir risiko kematian akibat keterlambatan dalam penanganan korban kecelakaan. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi terjadinya kecelakaan dengan mengamati perubahan pola berkendara melalui video rekaman CCTV. Metode penelitian memanfaatkan teknik pembelajaran mesin untuk mempelajari fitur arah dan kecepatan dari kendaraan pada kondisi lalu lintas normal maupun kondisi saat kecelakaan. *Farneback optical flow* digunakan untuk mengambil nilai kecepatan dan arah setiap objek kendaraan yang berhasil dilacak. Data ini kemudian akan dipelajari oleh algoritma klasifikasi untuk membangun model dalam menentukan terjadinya kasus kecelakaan. Berdasarkan hasil *training* dan *testing* diperoleh bahwa nilai akurasi dari model dalam menentukan kecelakaan sebesar 86%, presisi 92%, dan recall 85% dengan menggunakan algoritma *Random Forest*. Selain itu dengan evaluasi performa klasifikasi menggunakan kurva ROC diperoleh nilai AUC *Random Forest* 86%. Dengan demikian fitur kecepatan dan arah kendaraan dapat memberikan informasi pola berkendara yang menjadi parameter dalam menentukan terjadinya kecelakaan.

Kata Kunci : Pola berkendara, pelacakan objek, deteksi kecelakaan.

ABSTRACT

ANDI SYARWANI. Accident Detection Based on Changes in Driving Patterns Using Vehicle Direction and Speed. (supervised by **Amil Ahmad Ilham**, and **Syafaruddin**).

The existence of a visual surveillance system in detecting accident occurrences is crucial, especially in minimizing the risk of fatalities due to delays in accident victim handling. This research aims to identify accidents by observing changes in driving patterns through CCTV video recordings. The research method utilizes machine learning techniques to learn the features of direction and speed of vehicles under normal traffic conditions as well as during accidents. Farneback optical flow is employed to obtain the velocity and direction values of each tracked vehicle object. These data are then studied by the classification algorithm to build a model for determining accident occurrences. Based on the training and testing results, the model achieved an accuracy of 86%, precision of 92%, and recall of 85% using the Random Forest algorithm. Additionally, the classification performance evaluation using the ROC curve yielded an AUC value of 86% for Random Forest. Thus, the speed and direction features of vehicles can provide valuable information about driving patterns, serving as parameters in determining accident occurrences.

Keywords : *Driving pattern, tracking object, accident detection.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS.....	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
I.4 Manfaat Penelitian	4
I.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Kajian Pustaka.....	6
II.2 Metode Penyelesaian Masalah	12
II.3 Metode Yang Digunakan	17
II.4 Target Hasil Penelitian.....	17
II.5 Kerangka Pikir	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
III.1 Jenis Penelitian.....	20
III.2 Tahapan Penelitian	20

III.3	Sumber Data.....	22
III.4	Rencana dan Lokasi Penelitian	22
III.5	Perangkat Penelitian.....	22
III.6	Gambaran Umum Sistem	23
III.7	Metode Pengujian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
IV.1	Hasil Deteksi Objek	34
IV.2	Hasil Pelacakan Objek	35
IV.3	Hasil Ekstraksi Fitur.....	38
IV.4	Visualisasi Dataset	40
IV.5	Hasil Pembelajaran dan Pengujian dataset.....	42
IV.6	Hasil Perbandingan dengan Penelitian sebelumnya.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		50
V.1	Kesimpulan	50
V.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Arsitektur YOLOv5	7
Gambar 2. Proses update pelacakan objek	9
Gambar 3. Frame asli dan Frame hasil pelacakan menggunakan <i>Farneback</i> OF 10	
Gambar 4. Teknik pembelahan pada LightGBM	11
Gambar 5. Teknik pembelahan pada <i>Random Forest</i>	12
Gambar 6. Skema Diagram sistem deteksi kecelekaan	16
Gambar 7. Kerangka Fikir	19
Gambar 8. Gambaran umum sistem	23
Gambar 9. <i>Flowchart</i> Gambaran Umum sistem.....	23
Gambar 10. Perubahan Resolusi dan Durasi Video menggunakan Handbrake ...	24
Gambar 11. Proses Pelabelan Objek menggunakan labelImg.....	25
Gambar 12. <i>Flowchart</i> Deteksi Objek.....	26
Gambar 13. <i>Flowchart</i> Pelacakan Objek.....	27
Gambar 14. <i>Flowchart</i> Pelacakan Fitur Objek.....	29
Gambar 15. <i>Flowchart</i> Pembelajaran dan Pengujian Model	32
Gambar 16. Kurva Nilai Presisi hasil Pelatihan YOLOv5	35
Gambar 17. Hasil Deteksi kendaraan menggunakan YOLOv5.....	35
Gambar 18. Pelacakan ID 7 pada serangkaian frame.....	36
Gambar 19. Pelacakan ID 18 yang tertukar dengan kendaraan lain.....	37
Gambar 20. Pola Berkendara ID 7 hasil Ekstraksi Fitur	39
Gambar 21. Perbandingan jumlah dataset yang digunakan.....	41
Gambar 22. Hasil Perbandingan nilai akurasi pada model.....	43
Gambar 23. Hasil Perbandingan nilai presisi pada model.....	43
Gambar 24. Hasil Perbandingan nilai recall pada model	44
Gambar 25. Hasil Perbandingan nilai ROC pada model	45
Gambar 26. Nilai Error Rate pembelajaran model pada K-fold 5 dan 10.....	46
Gambar 27. Nilai Error Rate pengujian model pada K-fold 5 dan 10.....	46
Gambar 28. Analisis Data Kesalahan Deteksi Model Video B02.....	47
Gambar 29. Analisis Data Kesalahan Deteksi Model Video A01.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. <i>State of The Art</i>	12
Tabel 2. Jumlah dataset berdasarkan status kondisi	40
Tabel 3. Dataset hasil pelacakan fitur.....	41
Tabel 4. Perbandingan hasil penelitian.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kemampuan teknologi visi komputer dari sisi kecepatan dan efisiensi sudah melampaui penginderaan visual manusia. Bahkan sistem pengawasan visual seperti deteksi kejadian abnormal atau kecelakaan berbasis visi sudah mampu dilakukan (Duman & Erdem, 2019) (Wang et al., 2020). Di Indonesia, kamera pengawas CCTV (*Closed Circuit Television*) diimplementasikan untuk memonitoring kondisi lalu lintas oleh petugas. Petugas mengawasi layar video rekaman CCTV yang tentunya memiliki keterbatasan kemampuan dalam memantau banyaknya layar pada satu waktu dan dalam durasi yang lama. Padahal monitoring lalu lintas ini sangat penting utamanya ketika terjadi kecelakaan dan penanganan yang cepat terhadap korban pasca kecelakaan sehingga dapat meminimalisir risiko kematian (Abdulgafoor M. Bachani, Margie Peden, G. Gururaj, Robyn Norton, 2017). Melansir dari data Badan Pusat Statistik rata-rata angka kematian akibat kecelakaan di Indonesia sebanyak 69 orang per hari dan di tahun 2021 kasus ini meningkat sebanyak 3.62% di banding tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, n.d.). Tingginya angka kematian akibat kecelakaan tidak hanya menjadi masalah di Indonesia saja akan tetapi sudah menjadi isu global.

Penelitian dalam mendeteksi kecelakaan telah dilakukan dengan menggunakan fitur yang ada pada objek kendaraan maupun fitur yang ada pada frame. Penelitian (Zhang & Sung, 2023) menganalisis fitur tampilan dari frame dan fitur lintasan dari kendaraan menggunakan *Hybrid classification Vision Transformer (ViT)* dan *Convolutional Neural Network (CNN)*. CNN akan mengambil data 2D hasil tracking *Deep Sort*. Algoritma ViT mengambil data frame dari video CCTV. Nilai dari kedua fitur akan dihitung menggunakan *feature fusion network* untuk menentukan terjadinya kecelakaan atau tidak. Selain analisis fitur pada lintasan kendaraan, fitur

visual saat terjadinya kecelakaan termasuk hal yang digunakan pada (Robles-Serrano et al., 2021) dalam mendeteksi kecelakaan. Kombinasi algoritma *deep learning* pada ekstraksi fitur visual frame menggunakan CNN serta ekstraksi fitur temporal menggunakan ConvLSTM digunakan dalam menentukan kecelakaan. Penggunaan fitur pergerakan kendaraan seperti kecepatan dan arah juga bisa menjadi tolak ukur dalam menganalisis kecelakaan. Nilai fitur kecepatan dan lintasan kendaraan pada penelitian (Ijjina et al., 2019) dikalkulasi dan dibandingkan dengan nilai *threshold* yang diinisialisasi. Kedua nilai parameter diperoleh dari pelacakan *centroid*. Pada nilai kecepatan kendaraan 15 frame sebelumnya dan nilai arah berada pada rentang tertentu masuk dalam kategori kecelakaan sesuai nilai *threshold*, maka sistem akan membaca sebagai kejadian kecelakaan. Penelitian (Ghahremannezhad et al., 2022) menggunakan 3 fitur, yakni kecepatan, arah, dan jarak sebagai data yang diolah dalam menentukan kecelakaan. Jarak antar kendaraan menjadi parameter awal untuk dilanjutkan analisis lintasan kendaraan. Pada kendaraan yang memiliki jarak dekat, maka Hungarian akan melakukan ekstraksi fitur lintasan sehingga dapat ditentukan apakah lintasan kedua kendaraan mengalami konflik kemudian dari sini kondisi kecelakaan atau tidak akan ditentukan. Pada (Maaloul, 2020) dilakukan perbandingan 2 metode penggunaan *threshold* dalam menentukan terjadinya kecelakaan dengan menganalisis fitur kecepatan dan arah objek kendaraan. Metode pertama menggunakan *Kalman filter* untuk ekstraksi fitur. Metode kedua menggunakan *Farneback* dan hasilnya dikalkulasi menggunakan histogram.

Selain meneliti fitur yang bisa digunakan dalam permasalahan deteksi kecelakaan, ketersediaan video kecelakaan juga menjadi hal yang harus dipertimbangkan dalam melakukan penelitian. Data video kecelakaan yang berasal dari CCTV masih sangat terbatas dikarenakan adanya privasi terhadap kendaraan yang terlibat kecelakaan. Membuat data kecelakaan sendiri juga tidak mungkin karena simulasi kejadian kecelakaan sangat

berbahaya dan menghabiskan banyak biaya. Maka pada penelitian (Pawar & Attar, 2022) pembuatan model menggunakan *unsupervised learning* pada data normal dengan asumsi bahwa dengan metode klasifikasi akan menempatkan data kecelakaan dalam *outlier* dan ini akan memudahkan untuk mendeteksi kecelakaan.

Merujuk dari penelitian sebelumnya, fitur arah dan kecepatan dari objek kendaraan ternyata membentuk suatu pola yang bisa dianalisis dalam menentukan terjadinya kecelakaan. Disamping itu, mengingat bahwa kompleksitas dan pola lalu lintas masing-masing jalan berbeda, maka dengan mempelajari pola perubahan kecepatan dan arah kendaraan akan menghasilkan sistem penentuan kecelakaan yang lebih sesuai dengan kondisi nyata. Nilai kecepatan dan arah setiap kendaraan akan diperoleh sepanjang frame video sehingga terekam menjadi suatu pola berkendara. Pola ini tidak mewakili gambaran per frame, akan tetapi memberi informasi per objek kendaraan. Sehingga deteksi kecelakaan akan didasarkan pada informasi langsung dari kendaraan yang mengalami kecelakaan tersebut. Penelitian ini memberikan metode baru yang lebih nyata sejak penggunaan data latihan berasal tidak hanya dari data normal saja, atau data kecelakaan saja. Akan tetapi menggunakan keseluruhan kondisi. Sehingga model lebih kaya akan variasi pola berkendara dan bisa mengidentifikasi terjadinya kecelakaan.

Fokus penelitian ini adalah membangun model penentuan kecelakaan berbasis *supervised learning* terhadap nilai hasil pelacakan perubahan kecepatan dan perubahan arah dari setiap objek kendaraan dalam serangkaian frame video. Berbeda dengan pendekatan menggunakan perbandingan nilai fitur terhadap nilai *threshold*, maupun metode pembuatan model *training* menggunakan kondisi lalu lintas normal, maka pada penelitian ini penggunaan data latihan dan data uji pada model berasal dari pola berkendara normal dan pola berkendara saat kecelakaan terjadi. Sehingga dengan menggunakan pendekatan ini dapat menggambarkan skenario lalu lintas yang lebih nyata dan sesuai dengan kondisi dilapangan. Maka dari itu untuk menghasilkan model dengan performa yang baik,

penelitian ini akan mencoba 3 algoritma klasifikasi pembelajaran mesin. Hasil akhir diharapkan bahwa algoritma yang menghasilkan akurasi deteksi paling tinggi akan menjadi rekomendasi untuk digunakan dalam menentukan terjadinya kecelakaan melalui pelacakan pola berkendara. Penggunaan data berupa video rekaman CCTV dikarenakan penelitian ini ingin melihat apakah arah dan kecepatan bisa memberikan gambaran pola berkendara yang dapat diidentifikasi sebagai kasus kecelakaan dengan hipotesis awal yang dibangun pada penelitian ini bahwa arah dan kecepatan dari kendaraan dapat menjadi parameter dalam mendeteksi sebuah kecelakaan.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana menggunakan pola perubahan berkendara untuk membuat model deteksi kecelakaan?
2. Bagaimana kinerja model yang dihasilkan dalam mendeteksi kecelakaan lalu lintas dengan menggunakan parameter kecepatan dan arah kendaraan?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat model deteksi kecelakaan menggunakan pola perubahan berkendara
2. Model yang dihasilkan mampu mendeteksi kecelakaan dengan menggunakan parameter kecepatan dan arah kendaraan

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti, pengaplikasian sejumlah konsep dan pengetahuan mengenai pengolahan video dalam menginterpretasikan kejadian, khususnya pada kasus kecelakaan lalu lintas.
2. Bagi pemerintah, dapat menjadi rujukan dan referensi dalam mengimplementasikan sistem transportasi cerdas pada pengawasan lalu lintas berbasis visual menggunakan video CCTV .

3. Bagi institusi Magister Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Informatika, dapat menjadi referensi ilmiah di bidang visi komputer dan dijadikan landasan untuk pengembangan penelitian berikutnya terkait pemrosesan video dalam mendeteksi kejadian.

I.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian sebagai berikut :

1. Dataset video CCTV yang digunakan berupa rekaman video saat siang hari dengan kondisi cerah.
2. Penelitian ini hanya memanfaatkan parameter fitur arah dan kecepatan kendaraan
3. Tidak melakukan pengujian pada video dengan skenario hampir kecelakaan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kajian Pustaka

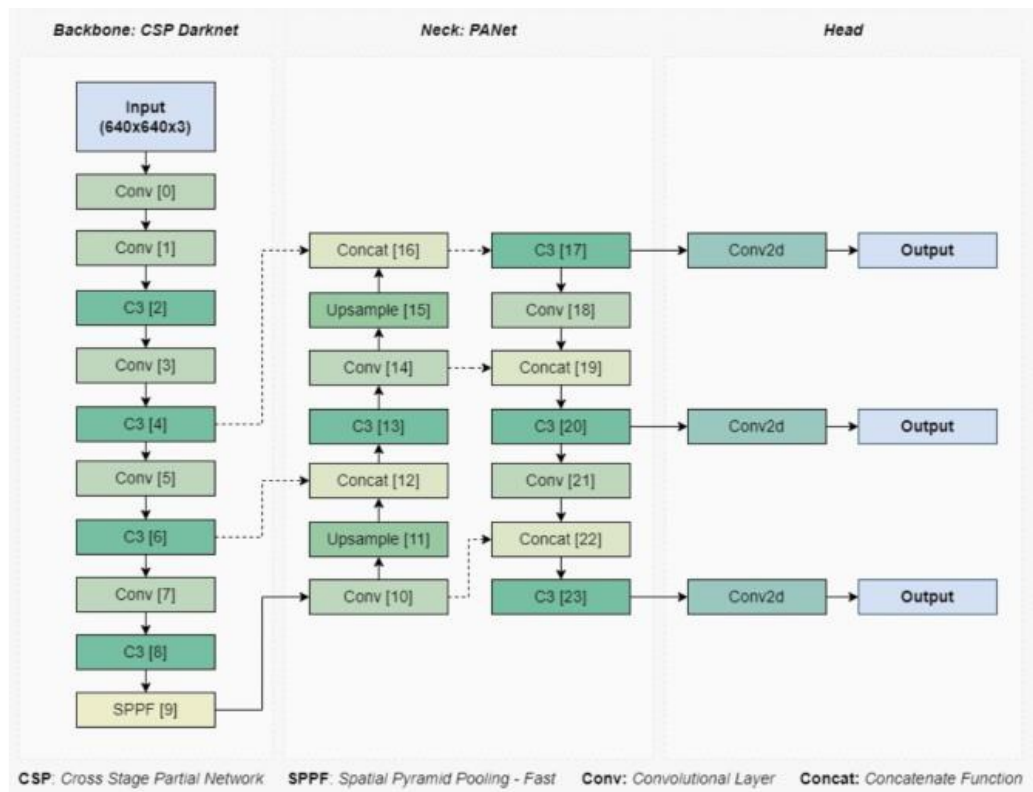
Kajian Pustaka yang tertuang pada bab ini adalah representasi dari hasil pendahuluan yang dilakukan oleh penulis, studi literatur yang dilakukan tersebut berupa review terhadap jurnal, prosiding, artikel, dan situs website yang relevan dan mendukung dalam penelitian yang akan dilakukan

II.1.1 YOLOv5s

Kecepatan komputasi dalam mendeteksi objek menjadi pertimbangan dalam penggunaan YOLOv5 pada penelitian ini. Metode *single-shoot* mengakibatkan YOLO lebih baik dari sisi waktu komputasi dalam mendeteksi objek, terutama pada sistem yang membutuhkan kecepatan deteksi dibandingkan algoritma deteksi lainnya yang berbasis deep learning (Sanchez et al., 2020). Pada berbagai varian YOLOv5 yang telah dikembangkan, YOLOv5s memiliki kelebihan dari sisi arsitektur modular yang memungkinkan kostumisasi metode untuk disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan (Septyanto et al., 2022).

Gambaran kerja dari YOLO dalam mendeteksi objek dilakukan dengan (Diwan et al., 2023)

- 1) Membagi frame kedalam $S \times S$ *grid cells*
- 2) Mengklasifikasikan class objek yang muncul pada tiap grid (prediksi class objek)
- 3) Melakukan prediksi *bounding box* (lokalisasi dan segmentasi) dengan menghitung posisi (x, y) dan dimensi (w, h)
- 4) Nilai prediksi dihitung $y = S \times S \times X (B \times 5 \times n)$, dimana B adalah jumlah *bounding box* dalam 1 grid



Gambar 1. Arsitektur YOLOv5 (Septyanto et al., 2022)

II.1.2 Centroid Tracking

Centroid tracking merupakan metode pelacakan objek dengan menghitung titik tengah objek yang telah dilokalisasi sebelumnya. Prinsip metode ini sangat sederhana sehingga dengan komputasi sederhana ini akan memberikan hasil yang cepat dalam pelacakan objek. Ukuran *bounding box* yang merupakan keluaran YOLO saat melakukan deteksi objek akan digunakan dalam menghitung titik tengah objek berdasarkan nilai x , y , w , h untuk setiap *bounding box*.

Konsep kerja dari pelacakan *centroid* terdiri atas 3, yakni perhitungan titik tengah objek, pemberian ID objek, dan pelacakan objek pada frame berikutnya.

- a. Perhitungan titik tengah objek, berdasarkan nilai dari *bounding box* objek berupa nilai x , y , w , dan h dari objek. Hal ini dilakukan untuk setiap frame video. Konsepnya adalah adalah pelacakan berbasis deteksi, dimana hanya objek terdeteksi yang bisa dilakukan pelacakan menggunakan *centroid* karena perhitungan

centroid diperoleh dari proses segmentasi antar objek yang dilakukan saat deteksi objek.

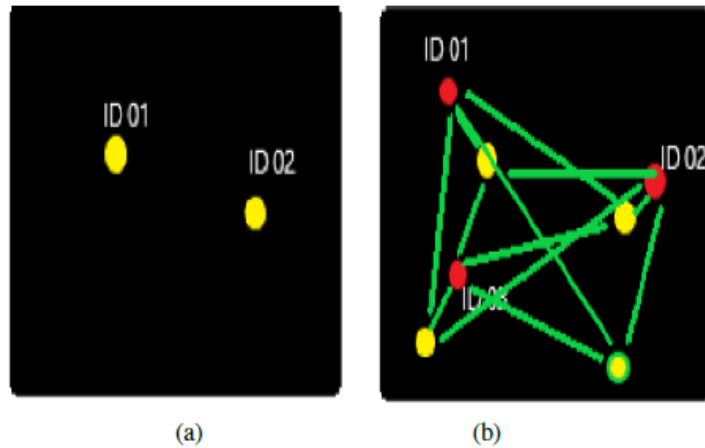
- b. Pemberian ID objek. Begitu objek terdeteksi untuk pertama kali, maka ID unik akan diberikan. ID ini akan bertahan pada objek selama durasi video atau objek terdeteksi. Jika tidak, maka ID akan dihapus atau bisa juga dipertahankan, tergantung pada pengaturan parameter.
- c. Pelacakan objek. Meskipun objek telah ditandai pada frame awal, namun untuk melakukan pelacakan maka perlu asosiasi objek tersebut perlu dilakukan. Maka pada pelacakan *centroid* ini, pada setiap frame akan dilakukan perhitungan *centroid*. Koordinat ini akan berubah posisi dari setiap frame dikarenakan pergerakan objek. Sehingga dalam melacak objek, *centroid* dari objek yang ada pada frame sebelumnya akan dihubungkan ke frame berikutnya. Proses ini mencari *centroid* terdekat dalam frame berikutnya yang memiliki jarak *Euclidean* terkecil dengan *centroid* sebelumnya. Jika *centroid* yang sesuai ditemukan, maka dianggap ID objek sama seperti ID objek pada frame sebelumnya. Perhitungan *Euclidean distance* diperlihatkan pada persamaan (1).

$$\text{Euclidean Distance} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

Dimana :

- = nilai *Euclidean*
- , = Posisi x dan y objek pada frame awal
- , = posisi x dan y objek pada frame berikutnya

Pada Gambar 2 memperlihatkan proses pelacakan dengan mengasosiasi hubungan yang terbentuk antar titik tengah objek kemudian menghitung nilai *Euclidean distance* terkecil yang merupakan objek dengan ID yang sama frame berikutnya.



Gambar 2. Proses update pelacakan objek (a) Posisi objek frame awal , (b) posisi objek frame berikutnya dengan tambahan objek baru(Rahman et al., 2020)

II.1.3 *Farneback Optical Flow*

Metode pelacakan digunakan untuk mengambil dan mengekstraksi fitur pada objek yang terdeteksi. *Optical flow* adalah metode pelacakan untuk menganalisis gerakan suatu objek. Contoh algoritma *optical flow* ini adalah *Horn-Schunck*, *Lucas Kanade*, dan *Farneback*. Diantara ketiganya, yang kerap digunakan untuk deteksi objek bergerak adalah *Farneback Optical flow*. Studi (Rahman et al., 2020) melakukan perbandingan performa antara ketiga algoritma tersebut untuk mendeteksi kondisi normal dan abnormal. Hasilnya, *Farneback* memperlihatkan hasil yang memuaskan dengan kemampuan menampilkan informasi gerakan objek yang lebih akurat dibandingkan lainnya. Selain itu, *Farneback OF* juga digunakan pada menggunakan metode pembelajaran tanpa pengawasan dalam mendeteksi kondisi abnormal pada data set yang berbeda (Rejitha & George, 2019) (Duman & Erdem, 2019). Persamaan (3) digunakan dalam menghitung kecepatan dari suatu objek, sedangkan Persamaan (4) menghitung arah dari objek.

$$\vec{v} = \frac{1}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right) \quad (4)$$

Keterangan :

\vec{v} = vektor kecepatan

- = vektor arah
- = posisi sumbu x objek pada frame ke- $i+1$
- = posisi sumbu x objek pada frame ke- i
- = posisi sumbu y objek pada frame ke- $i+1$
- = posisi sumbu y objek pada frame ke- i

Proses kerja *Farneback* OF yakni setiap nilai pixel yang ada frame akan digunakan. *Farneback* OF memiliki 2 nilai properti, yaitu *magnitude* dan orientasi. *Magnitude* merupakan properti untuk mengekstraksi parameter kecepatan suatu objek. *Magnitude* suatu objek dihitung berdasarkan pergerakan perpindahan objek dari satu frame ke frame berikutnya. Ketika nilai *magnitude* rendah, dapat diidentifikasi sebagai kondisi lalu lintas yang padat atau bisa masuk dalam kategori kecelakaan saat kendaraan berhenti pasca kecelakaan terjadi. Sedangkan orientasi atau *angle* dihitung dengan melihat arah objek berdasarkan garis arah.



Gambar 3. Frame asli dan Frame hasil pelacakan menggunakan *Farneback* OF (Maaloul, 2020)

II.1.4 *Support Vector Machine Gaussian RBF Kernel*

Algoritma klasifikasi SVM merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan untuk metode klasifikasi mengingat kemampuannya dalam memberikan hasil klasifikasi yang cukup memuaskan. Dalam mengenali aktivitas manusia, penelitian (Latah, 2017) menggunakan SVM dikarenakan kemampuannya untuk memberikan akurasi yang tinggi meskipun data latih yang disediakan sedikit. SVM juga mampu dalam memberikan informasi sehingga dapat memprediksi sebelum kecelakaan

berlangsung (Zheng et al., 2019). SVM dengan kernel *Gaussian RBF* digunakan untuk menangani jenis data yang memiliki pola kompleks seperti data yang digunakan pada penelitian ini. Ketika hanya menggunakan *hyperplane linear*, maka metode memberikan performa yang buruk (Prangga, 2017). Perhitungan nilai kernel menggunakan SVM Gaussian RBF diperlihatkan pada persamaan (2).

$$k(x, y) = \exp\left(-\gamma \|x - y\|^2\right) \quad (2)$$

Dimana :

γ = *hyperparameter* pada SVM *Gaussian RBF*

x, y = Nilai vector dari 2 data samples

$\|x - y\|^2$ = nilai *euclidean distance* antara x dan y

II.1.5 LightGBM

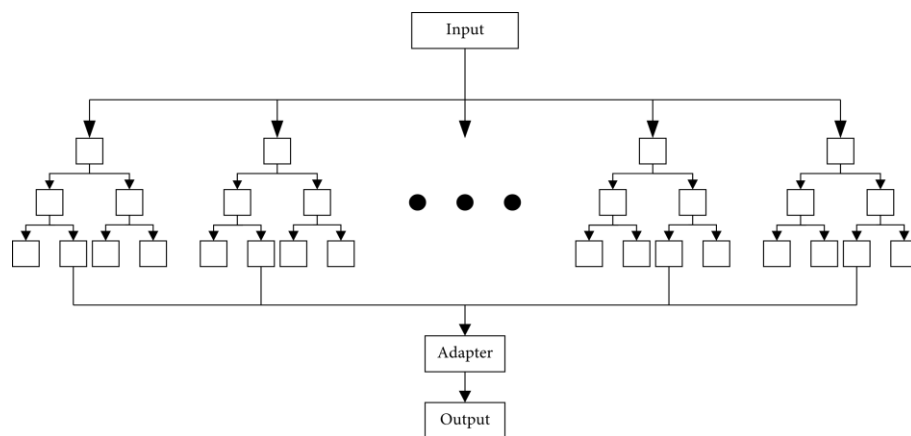
Algoritma LightGBM merupakan salah satu metode klasifikasi pada *machine learning* yang sering digunakan karena performa yang dimilikinya. Dari sisi waktu komputasi yang rendah serta akurasi yang dihasilkan (Gao et al., 2019) sehingga metode ini digunakan dalam model pada penelitian ini. Karena merupakan pengembangan dari algoritma *Decision tree*, maka konsep yang digunakan dalam membangun model untuk pengambilan keputusan tidak terlalu berbeda. Hanya saja pada LightGBM, *leaf-wise-growth* akan membatasi kedalaman daun sehingga hanya node daun dengan nilai *splitting gains* paling besar yang akan diolah lebih lanjut (Rachmadi et al., 2021). Adapun node daun lain tidak akan dilakukan pengolahan lagi. Hal inilah yang mempercepat proses komputasi pada LightGBM (McCarty et al., 2020).



Gambar 4. Teknik pembelahan pada LightGBM (Rachmadi et al., 2021)

II.1.6 *Random Forest*

Random forest merupakan algoritma klasifikasi yang terdiri atas banyak *decision tree* (Yang et al., 2023). Maka serupa dengan *LightGBM* yang merupakan bagian pengembangan dari *Decision Tree*. Jika dilihat dari metode pertumbuhan pohon, maka *Random Forest* menggunakan pendekatan *level-wise* untuk mempertahankan kestabilan metode karena mencegah pertumbuhan pohon yang lebih besar. Sehingga meskipun beberapa menyebutkan bahwa waktu komputasi *Random Forest* lebih lama jika dibandingkan dengan *LightGBM*, namun hasil performa yang diberikan lebih baik pada dataset yang seimbang (Sari et al., 2023).



Gambar 5. Teknik pembelahan pada *Random Forest* (Yang et al., 2023)

II.2 Metode Penyelesaian Masalah

2.1. *State Of The Art* Penelitian

Tabel 1. *State Of The Art*

No	Judul, Nama, Tahun, Penerbit	Objek	Metode Penyelesaian dan Dataset	Kinerja	Korelasi <=>
1	Judul: Deteksi Kecelakaan Berbasis Perubahan Pola Berkendara Menggunakan Parameter Arah dan Kecepatan Kendaraan	Objek : Mendeteksi kasus kecelakaan berdasarkan perubahan pola berkendara	Metode Penyelesaian : Deteksi objek : YOLOv5s Pelacakan objek : <i>centroid</i> Pelacakan fitur : <i>Farneback OF</i> Klasifikasi : SVM, LightGBM, Random Forest	Diharapkan model yang dibuat mampu mendeteksi terjadinya kecelakaan dengan mengamati perubahan pola berkendara dengan akurasi diatas 80% dan error rate paling rendah 10%	

No	Judul, Nama, Tahun, Penerbit	Objek	Metode Penyelesaian dan Dataset	Kinerja	Korelasi < = >
	Penulis : Andi Syarwani		Dataset : Jumlah video CCTV sebanyak 18 video		
2	Judul : Adaptive Video-Based Algorithm for Accident(Maaloul et al., 2017) Penulis : Maaloul, dkk Tahun : 2017 Penerbit : IEEE	Objek : Menentukan deteksi kecelakaan menggunakan <i>threshold</i> adaptif berdasarkan kecepatan dan arah objek	Metode Penyelesaian: Pelacakan fitur : <i>Farneback</i> Penentuan deteksi : threshold nilai fitur Dataset : 40 video youtube	Akurasi 68% Recall 91%	<
3	Judul : Region and Feature Matching based Vehicle Tracking for Accident Detection (Saini et al., 2018) Penulis : Saini, dkk Tahun : 2018 Penerbit : IEEE	Objek : Melakukan pelacakan objek dari sisi arah lintasan dan perpindahan objek pasca kecelakaan dengan proses deteksi objek digantikan dengan pencocokan template kendaraan	Metode Penyelesaian: Pelacakan fitur : - SURF descriptor - Harris MinEigen - BRISK Dataset : Tidak disebutkan, berasal dari dataset Kentucky Transportation	Secara kualitatif metode berhasil mendeteksi dan mentracking objek menggunakan SURF dan NCC	=
4	Judul : An Automatic Car Accident Detection Method Based on Cooperative Vehicle Infrastructure Systems(Tian et al., 2019) Penulis : D.Tian, dkk Tahun : 2019 Penerbit : IEEE	Objek : Deteksi kecelakaan pada level frame dengan membandingkan performa Algoritma <i>deep learning</i> dalam mendeteksi dan merekognisi kejadian kecelakaan	Metode Penyelesaian: Deteksi dan ekstraksi kecelakaan : < Faster R-CNN < Fast R-CNN < YOLO < YOLO-CA Dataset : CAD-CVIS 633 kejadian, terdiri 3255 frame kecelakaan dan 225206 frame normal	Akurasi tertinggi menggunakan YOLO-CA 90.02%.	=

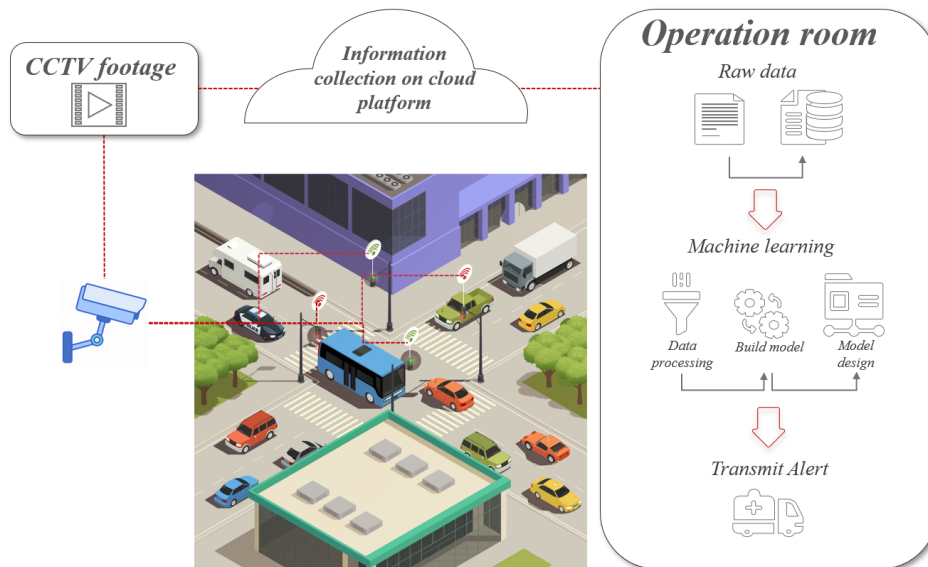
No	Judul, Nama, Tahun, Penerbit	Objek	Metode Penyelesaian dan Dataset	Kinerja	Korelasi < = >
5	<p>Judul: Computer vision-based Accident Detection in Traffic Surveillance (Ijjina et al., 2019)</p> <p>Penulis : E.P. Ijjina, dkk</p> <p>Tahun: 2019</p> <p>Penerbit : IEEE</p>	<p>Objek : Deteksi kecelakaan menggunakan perbandingan nilai threshold terhadap hasil perhitungan anomali kecepatan, perubahan arah, serta pertemuan dua lintasan kendaraan.</p>	<p>Metode Penyelesaian: Deteksi objek : Mask R-CNN Pelacakan objek: <i>Centroid</i></p> <p>Dataset : Jumlah 45 video</p>	<p>Detection rate 71% False alarm rate 0.53</p>	<
6	<p>Judul : Video-based algorithms for accident detections(Maaloul, 2020)</p> <p>Penulis : Boutheina Maaloul.</p> <p>Tahun : 2020</p> <p>Penerbit : -</p>	<p>Objek : Deteksi kecelakaan menggunakan fitur arah dan kecepatan berdasarkan nilai threshold terdefinisi dan threshold adaptif.</p>	<p>Metode Penyelesaian: Deteksi Objek : Background subtraction Pelacakan objek : Kalman Filter Pelacakan Fitur : Farneback dan HOG Penentuan deteksi : Threshold terdefinisi dan Threshold adaptif</p>	<p>Akurasi < Threshold Adaptif : 90% < Threshold terdefinisi : 75%</p>	=
7	<p>Judul : Automatic Detection of Traffic Accidents from Video Using Deep Learning Techniques (Robles-Serrano et al., 2021)</p> <p>Penulis : Robles-Serrano, dkk</p> <p>Tahun : 2021</p> <p>Penerbit : IEEE</p>	<p>Objek : Mendeteksi kecelakaan pada level frame berdasarkan fitur tampilan visual</p>	<p>Metode Penyelesaian: Pembelajaran fitur visual menggunakan dataset ImageNet</p>	<p>Akurasi 98% F1 score 0.98</p>	=

No	Judul, Nama, Tahun, Penerbit	Objek	Metode Penyelesaian dan Dataset	Kinerja	Korelasi < = >
8	<p>Judul : Real-Time Accident Detection in Traffic Surveillance Using Deep Learning(Ghahremannezhad et al., 2022)</p> <p>Penulis : Ghahremannezhad, dkk</p> <p>Tahun : 2022</p> <p>Penerbit : arXiv</p>	<p>Objek : Mendeteksi kecelakaan menggunakan fitur kecepatan dan arah</p>	<p>Metode Penyelesaian: Deteksi Objek : YOLO, Pelacakan objek : Kalman dan Hungarian</p> <p>Dataset : 29 data video</p>	<p>< Detection rate 93,1%</p> <p>< false alarm rate 6,89%</p>	=

Pada Tabel 1 menampilkan rangkuman dari penelitian sebelumnya yang melakukan penelitian serupa yaitu deteksi anomali atau kecelakaan lalu lintas berdasarkan fitur arah lintasan dan atau kecepatan dari kendaraan. Penelitian (Ijjina et al., 2019) membandingkan nilai dari fitur arah dan kecepatan dengan nilai threshold yang telah ditetapkan. Nilai tersebut diambil setelah *bounding box* kendaraan mengalami overlap dari kendaraan lainnya. Hasil akurasi 71% dan false alarm rate 0.53. Penelitian (Maaloul, 2020) menggunakan *threshold* yang telah didefinisikan sebelumnya dan *threshold* adaptif untuk menentukan kecelakaan menggunakan kecepatan dan arah. Hasil akurasi untuk nilai threshold yang didefinisikan sebelumnya adalah 75%. Untuk *threshold* adaptif naik menjadi 90% namun dengan kekurangan dari sisi kompleksitas komputasi. Adapun pada penelitian ini tidak menggunakan perbandingan terhadap nilai tertentu berupa nilai *threshold*, akan tetapi data hasil pelacakan dimasukkan kedalam model untuk dilatih. Adapun pada penelitian (Ghahremannezhad et al., 2022) hanya menggunakan data latih yang berasal dari rekaman CCTV lalu lintas normal, sehingga data uji menggunakan video kecelakaan akan lebih mudah terdeteksi pada outlier saat proses klasifikasi. Pada

penelitian ini menggunakan keseluruhan kondisi data yakni lalu lintas normal dan kecelakaan.

Intelligent Traffic Management System



Gambar 6. Skema diagram sistem deteksi kecelakaan

Sesuai hasil penelitian pada (Seo & Singh, 2022) terkait penerapan pembelajaran mesin untuk kota cerdas, maka skema deteksi kecelakaan dengan menggunakan data CCTV dapat diimplementasikan untuk mendukung sistem cerdas pengelolaan lalu lintas (*intelligent traffic management system*) sebagaimana yang terlihat pada Gambar 6. Di kota-kota besar sistem pengelolaan menggunakan data input berupa sensor maupun data CCTV terhubung ke teknologi awan melalui jaringan nirkabel sesuai IP kamera sebagai informasi letak kecelakaan. Data tersebut diolah di ruang server atau *central processing unit* seperti ruang pengawasan *Operation Room* di gedung Kantor Walikota milik Pemerintah Kota Makassar. Pengelolaan yang dilakukan di ruang server akan mengirimkan informasi peringatan secara manual ke rumah sakit terdekat. Dalam implementasinya, penelitian ini akan mengambil peran dalam memberikan rekomendasi parameter yang bisa digunakan untuk melakukan deteksi kecelakaan dengan melakukan pengolahan data yang bersumber data rekaman CCTV. Adapun proses lainnya akan menjadi penelitian baru yang

bisa dikembangkan sebagai penelitian lanjutan, berupa proses menghubungkan data dari CCTV ke teknologi awan, hingga tahapan lainnya seperti pengiriman informasi peringatan terjadinya kecelakaan ke pihak terkait (rumah sakit atau pemadam kebakaran).

II.3 Metode yang Digunakan

Berdasarkan tabel *State of The Art* diatas atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian untuk mendeteksi kecelakaan dapat dilakukan dengan menggunakan nilai fitur kecepatan dan arah kendaraan. Kemudian proses deteksi objek dengan memanfaatkan kelebihan YOLOv5s untuk membuat *bounding box* hanya pada objek kendaraan mobil dan motor. Pelacakan titik tengah atau *centroid* objek dilakukan dalam mensegmentasi objek dengan pemberian ID unik di masing-masing objek. Pelacakan fitur dilakukan dengan bantuan hasil pelacakan objek sehingga pixel yang di ekstraksi hanya untuk objek tertentu yang hasilnya disimpan pada file csv berdasarkan ID objek. Akibat dari pelacakan fitur yang diperoleh selama video berlangsung, maka data ini sebenarnya membentuk suatu perubahan pada pola berkendara dari sisi nilai kecepatan dan nilai arah dari objek di setiap framenya. Data csv kemudian di beri label untuk berdasarkan status kondisi lalu lintas yang diperlihatkan oleh objek pada frame. Dataset inilah yang digunakan dalam membangun model deteksi pada proses pembelajaran dan pengujian dataset. Dalam menghasilkan performa terbaik maka pengolahan dataset ini diterapkan pada 3 algoritma klasifikasi yakni LightGBM, *Random Forest*, dan SVM *Gaussian RBF Kernel*. Keluaran akhir dari metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah nilai performa model dalam mendeteksi terjadinya kecelakaan dari sisi akurasi, recall, presisi.

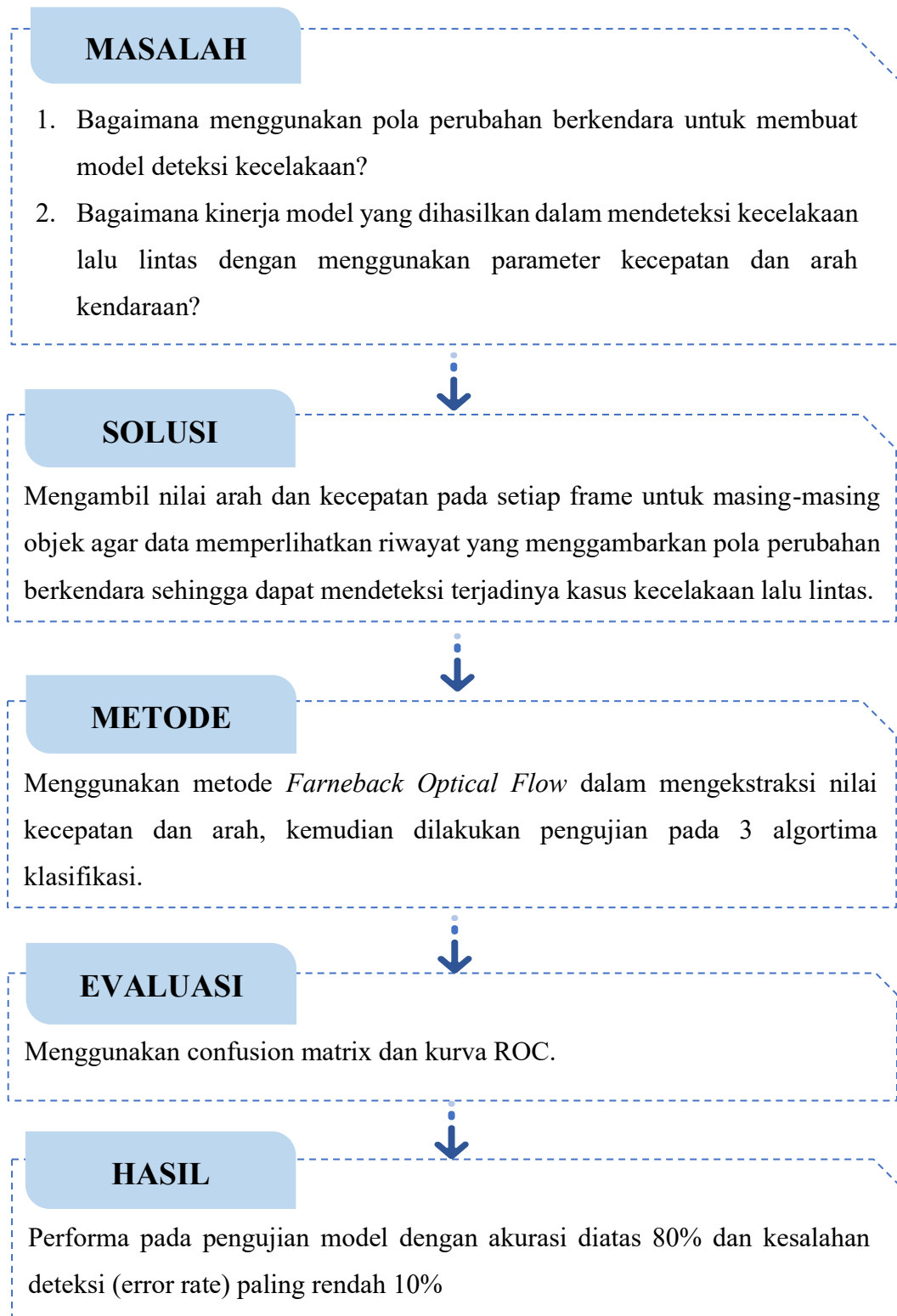
II.4 Target Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel dari *State of The Art*, target akurasi pada proses pembelajaran model yakni berkisar 90% sedangkan untuk target akurasi pada tahap pengujian model berkisar 70%. Fokus penelitian ini untuk membuktikan bahwa dalam mendeteksi kasus kecelakaan dapat berhasil

dilakukan melalui analisis pola berkendara menggunakan nilai kecepatan dan arah kendaraan.

II.5 Kerangka Pikir

Pada Gambar 7 memberikan gambaran berfikir pada penelitian yang hendak dilakukan. Dua poin utama terkait permasalahan yang terdapat pada kasus deteksi kecelakaan lalu lintas merupakan hal yang ingin diselesaikan melalui penelitian ini. Setelah melalui proses literatur review, penelitian ini menawarkan solusi untuk menjadikan gambaran perubahan terhadap pola berkendara sebagai cara mengidentifikasi terjadinya kecelakaan dengan menggunakan parameter kecepatan dan arah objek kendaraan. Pelacakan fitur tersebut dilakukan dengan menggunakan *Farneback Optical Flow*. Hasil pengolahan data tersebut dijadikan data latih dan data uji pada model dengan menggunakan 3 algoritma klasifikasi. Hasil akhir menunjukkan performa dari model yang diusulkan pada penelitian ini.



Gambar 7. Kerangka Pikir