

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keselamatan berlalu lintas merupakan aspek penting dalam sistem transportasi modern, khususnya di Indonesia yang memiliki tingkat penggunaan kendaraan bermotor yang tinggi. Sepeda motor menjadi moda transportasi dominan, namun juga menyumbang angka kecelakaan tertinggi. Salah satu faktor yang meningkatkan risiko fatalitas kecelakaan adalah rendahnya kesadaran penggunaan alat pelindung diri, terutama helm standar. Keselamatan (*safety*) merupakan situasi di mana individu, kelompok, atau masyarakat berada dalam kondisi aman dan terbebas dari berbagai potensi risiko, seperti ancaman bahaya maupun kecelakaan lalu lintas. Sementara itu, keselamatan dalam berkendara mengacu pada keadaan aman selama mengemudi yang bertujuan untuk mencegah terjadinya insiden kecelakaan di jalan.[1]

Helm berstandar nasional yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (SNI) berfungsi sebagai pelindung utama kepala untuk meminimalisir cedera serius saat kecelakaan. Namun, dalam praktiknya masih banyak pengendara yang tidak menggunakan helm atau menggunakan helm yang tidak sesuai standar keselamatan.[2]

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan *computer vision* memberikan solusi baru dalam sistem pengawasan lalu lintas. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah algoritma *YOLO* (*You Only Look Once*), yang mampu melakukan deteksi objek secara *real-time* dengan

akurasi tinggi.[3] Perkembangan terbaru dari algoritma ini adalah *YOLOv11* , yang merupakan generasi terbaru dalam keluarga *YOLO*. Model ini memiliki peningkatan dalam hal ekstraksi fitur, akurasi deteksi objek kecil, serta efisiensi komputasi dibandingkan versi sebelumnya. *YOLOv11* juga terbukti mampu digunakan dalam berbagai aplikasi seperti deteksi manusia, kendaraan, hingga alat keselamatan secara *real-time* .[4]

Penelitian mengenai deteksi penggunaan helm pada pengendara sepeda motor berbasis kecerdasan buatan telah banyak dilakukan seiring berkembangnya teknologi *computer vision* dan *deep learning*. Penelitian oleh Martinus dan Wiyli (2024) Implementasi Metode *You Only Look Once (YOLOv5)* Dalam Deteksi Pelanggaran Helm menjelaskan bahwa model *YOLOv5* mampu mendeteksi pelanggaran penggunaan helm dengan nilai *F1-Score* sebesar 0,87 dan mAP sebesar 0,90 menggunakan dataset video CCTV jalan raya. Penelitian tersebut menekankan bahwa faktor pencahayaan, posisi objek, dan jarak kamera sangat memengaruhi tingkat akurasi deteksi. Hasil penelitian ini menjadi dasar penting dalam pengembangan sistem deteksi helm otomatis berbasis video untuk meningkatkan keselamatan berkendara dan efektivitas pengawasan lalu lintas [6].

Dalam konteks keselamatan, penelitian terbaru menunjukkan bahwa model berbasis *YOLOv11* mampu mendeteksi penggunaan helm secara otomatis dengan tingkat akurasi tinggi bahkan pada kondisi lingkungan yang kompleks seperti pencahayaan rendah dan latar belakang yang dinamis. Selain itu, integrasi *YOLOv11* dengan sistem pengawasan berbasis video juga telah digunakan untuk mendeteksi pelanggaran lalu lintas seperti tidak menggunakan helm dan

pengenalan plat nomor kendaraan.[5] Namun demikian, implementasi model *YOLOv11* dalam kondisi nyata masih menghadapi berbagai tantangan, seperti variasi pencahayaan, sudut kamera, serta kepadatan lalu lintas yang dapat mempengaruhi performa sistem.

Selain itu, penelitian lain oleh Hadaya, dkk (2025) Implementasi Deteksi Objek Penggunaan Helm Dengan Metode *YOLOv10* menunjukkan bahwa pengembangan versi terbaru *YOLO* mampu meningkatkan akurasi deteksi objek secara signifikan. Penelitian tersebut memperoleh nilai *mAP50* sebesar 99,5% dan akurasi pengujian mencapai 95% dalam mendeteksi penggunaan helm pada pengendara motor. Sistem dikembangkan menggunakan dataset citra pengendara motor dan diuji pada kondisi nyata sehingga relevan sebagai referensi untuk penelitian “Implementasi Model *YOLOv11* Untuk Deteksi Penggunaan Helm Standar SNI Pada Pengendara Motor Berbasis Video di Kabupaten Rokan Hulu”. Penelitian ini memperlihatkan bahwa evolusi arsitektur *YOLO* sangat potensial untuk mendukung sistem deteksi otomatis yang lebih cepat dan akurat pada lingkungan lalu lintas nyata. [1]

Menurut Aipda Fitra Hadi selaku Kanit Kamseltibcarlantas Polres Rokan Hulu, di Kabupaten Rokan Hulu teknologi pengawasan berbasis kecerdasan buatan masih belum diterapkan, khususnya dalam mendeteksi kepatuhan penggunaan helm. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan model *YOLOv11* dalam mendeteksi penggunaan helm standar nasional indonesia (SNI) berbasis video.

Dengan adanya potensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk

mengimplementasikan model *YOLOv11* untuk mendeteksi penggunaan Helm Standar Indonesia (SNI) berbasis video. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengawasan lalu lintas yang lebih cerdas, otomatis, dan efektif dalam meningkatkan keselamatan berkendara.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana implementasi model *YOLOv11* dalam mendeteksi penggunaan helm Standar Nasional Indonesia (SNI) berbasis video?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan model *YOLOv11* dalam mendeteksi penggunaan helm Standar Nasional Indonesia (SNI) berbasis video.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka permasalahan perlu dibatasi agar tidak terlepas dari inti permasalahan yang sebenarnya dan karena keterbatasan penulis baik waktu maupun dana maka penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Model yang digunakan untuk proses *fine-tuning* adalah *YOLOv11*, yaitu model pra-pelatihan (*pre-trained*) yang akan disesuaikan menggunakan *dataset custom*. Dataset ini dikumpulkan dari sumber *Roboflow*.

2. Dataset yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 3.524 gambar yang dibagi menjadi tiga subset, yaitu 2.467 gambar pelatihan (train), 705 gambar data validasi (validation), dan 352 gambar data pengujian (test). Seluruh dataset memiliki 6.837 objek beranotasi yang terdiri atas 3.938 objek helm standar SNI, 1.070 objek helm tidak standar SNI, dan 1.829 objek tanpa helm. Fokus deteksi pada penggunaan helm standar SNI.
3. Objek yang dideteksi dibatasi pada 3 kelas, yaitu helm standar, helm tidak standar, dan tanpa helm. Kelas mengukur kelayakan helm secara visual, bukan sertifikat SNI langsung. Helm standar meliputi helm menutup penuh dan ada tali pengikat. Untuk helm tidak standar meliputi penutup kepala non-helm, helm tidak dikancing, dan helm sepeda. Sedangkan tanpa helm yaitu tidak memakai helm.
4. Lokasi penelitian di Kabupaten Rokan Hulu khususnya di Bundaran Ratik Togak Komplek Perkantoran Pemda.
5. Evaluasi menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menambah kajian dalam bidang kecerdasan buatan dan *computer vision* dan menjadi referensi penelitian selanjutnya terkait deteksi objek berbasis *deep learning*. Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Secara praktis

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat praktis bagi berbagai pihak.

- a. Bagi pemerintah dan instansi terkait, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem pengawasan lalu lintas berbasis teknologi, khususnya dalam meningkatkan kepatuhan penggunaan helm standar SNI.
- b. Bagi aparat penegak hukum, penelitian ini dapat membantu dalam proses pemantauan pelanggaran lalu lintas secara lebih efektif, efisien, dan berbasis otomatis melalui pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan.
- c. Bagi masyarakat, hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya penggunaan helm standar sebagai upaya menjaga keselamatan dalam berkendara.
- d. Bagi peneliti dan akademisi, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi serta dasar pengembangan penelitian selanjutnya, khususnya dalam bidang computer vision dan penerapan algoritma deteksi objek seperti *YOLOv11*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari skripsi ini terdiri dari enam bagian utama, sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan pada penelitian ini. Teori-teori Konsep dasar kecerdasan buatan, computer vision, Perkembangan *YOLO* hingga *YOLOv11* , Deteksi Helm sebagai bagian dari Object Detection, Implementasi *YOLOv11* dalam deteksi Helm dan Evaluasi Model deteksi Objek.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, termasuk metode pengumpulan data, metode pengembangan aplikasi, serta alat dan teknik yang digunakan untuk implementasi dan pengujian.

BAB 4 ANALISA DAN PERANCANGAN

Bab ini berisi analisa dan perancangan implementasi. Dalam bab ini, akan dijelaskan proses analisa kebutuhan, perancangan sistem, serta desain antarmuka pengguna.

BAB 5 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi implementasi dari hasil analisa dan perancangan yang telah dilakukan. Selain itu, bab ini juga akan menjelaskan proses pengujian aplikasi, termasuk metode pengujian, hasil pengujian, dan evaluasi terhadap aplikasi yang telah dikembangkan.

BAB 6 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk pengembangan aplikasi atau penelitian selanjutnya. Bab ini juga akan merangkum kontribusi penelitian dan manfaat aplikasi yang telah dikembangkan.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Helm SNI (Standar Nasional Indonesia)

Helm adalah bentuk perlindungan tubuh yang dikenakan di kepala dan biasanya dibuat dari metal atau bahan keras lainnya seperti kevlar, serat resin, atau plastik. Helm dapat memberi perlindungan tambahan pada sebagian dari kepala (bergantung pada strukturnya) dari benda jatuh atau berkecepatan tinggi. Di beberapa negara, helm wajib digunakan bagi pengendara sepeda motor, bahkan ada yang mewajibkannya bagi pengendara sepeda tak bermotor. Di Inggris hanya penganut Sikh yang diperbolehkan tidak memakai helm karena harus memakai turban.[6]

Helm ber-SNI dalam kedudukannya sebagai alat pengaman bagi pengendara sepeda motor harus diletakkan posisinya secara tepat terhadap tingkat keselamatan. Dalam situasi ini, helm yang telah memenuhi standar tidak seharusnya dianggap sebagai penyebab utama terjadinya cedera kepala. Helm perlu dipahami sesuai fungsinya yang sebenarnya, yaitu sebagai pelindung pengendara motor dari risiko cedera kepala saat kecelakaan yang bisa menyebabkan benturan kepala, sesuai kemampuan helm tersebut untuk memberikan perlindungan dalam kondisi tertentu.

Helm yang memenuhi standar Nasional Indonesia memiliki beberapa ciri sebagai berikut:

1. Label SNI

Helm berstandar SNI dilengkapi dengan label atau stiker yang menunjukkan bahwa helm tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN)

2. Kualitas Material

Helm ber-SNI terbuat dari material yang berkualitas dan telah diuji untuk ketahanan terhadap benturan dan tekanan.

3. Desain yang aman

Helm berstandar memiliki desain yang dirancang untuk memberikan perlindungan maksimal, termasuk bagian luar yang keras dan bagian dalam yang empuk.

4. Ukuran dan fit

Helm berstandar SNI tersedia dalam berbagai ukuran dan dirancang agar dapat dipakai dengan nyaman dan aman di kepala.

5. Sistem pengikat

Helm berstandar dilengkapi dengan sistem pengikat yang kuat dan aman, seperti chin strap, untuk memastikan helm tetap terpasang dengan baik saat digunakan.

6. Visor atau pelindung wajah

Helm berstandar harus memiliki pelindung wajah yang terbuat dari *polycarbonate* yang lentur dan kuat, tingkat kejernihan atau tingkat kegelapan kaca harus berada di angka 80% agar tidak mengganggu pandangan pengendara, dan bebas distorsi optik.

7. Uji kelayakan

Helm yang berstandar telah melalui serangkaian uji kelayakan dan sertifikasi oleh lembaga yang berwenang.[7]

Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah suatu bentuk pengakuan formal terhadap penerapan standar kualitas untuk produk tertentu. Tujuan dari SNI adalah untuk memberikan jaminan kepada konsumen bahwa produk yang telah mendapatkan pengesahan SNI telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dan dianggap layak untuk digunakan. Bukti bahwa suatu produk telah memenuhi standar SNI dapat dilihat melalui penggunaan Sertifikat Produk Penggunaan Tanda Standar Nasional Indonesia (SPPTSNI). Sertifikat ini dikeluarkan oleh Lembaga Sertifikasi Produk (LSPro) yang telah mendapatkan akreditasi dari Komite Akreditasi Nasional.[8]

2.2. *Computer Vision* dan Deteksi Objek

2.2.1 *Computer Vision*

Computer vision merupakan cabang dari AI yang memungkinkan komputer untuk memahami, menganalisis, dan menginterpretasikan informasi visual dari dunia nyata, seperti gambar dan video. Tujuan utama dari *computer vision* adalah meniru kemampuan penglihatan manusia dalam mengenali objek dan memahami lingkungan sekitar.[9]

Menurut Richard Szeliski, *computer vision* mencakup berbagai tugas, antara lain:

- 1) Klasifikasi citra (*image classification*)
- 2) Deteksi objek (*object detection*)

- 3) Segmentasi citra (*image segmentation*)
- 4) Pengenalan wajah (*face recognition*) [10]

Dalam penelitian ini, *computer vision* digunakan untuk mendeteksi keberadaan helm pada pengendara motor melalui analisis video secara *real-time*. Klasifikasi citra merupakan proses pengelompokan gambar ke dalam kategori tertentu berdasarkan karakteristik visualnya. Deteksi objek tidak hanya mengidentifikasi jenis objek, tetapi juga menentukan lokasi objek tersebut dalam gambar menggunakan *bounding box*. Sementara itu, segmentasi citra bertujuan untuk membagi gambar menjadi bagian-bagian yang lebih spesifik sehingga setiap piksel dapat diklasifikasikan. Adapun pengenalan wajah merupakan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi atau memverifikasi identitas seseorang berdasarkan fitur wajah.

Teknologi *computer vision* telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti keamanan, kesehatan, industri, dan transportasi. Dalam bidang transportasi, *computer vision* digunakan untuk mendeteksi pelanggaran lalu lintas, seperti tidak menggunakan helm atau sabuk pengaman, melalui analisis video secara otomatis dan *real-time*.

Model yang digunakan adalah *YOLOv11* yang memiliki kemampuan dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek secara *real-time*. *Evaluasi performa* model dilakukan menggunakan beberapa metrik standar dalam *computer vision*.

1. ***Precision***

Precision merupakan ukuran ketepatan model dalam memprediksi objek yang benar. Nilai *precision* yang tinggi menunjukkan bahwa model memiliki

tingkat kesalahan prediksi yang rendah.

$$\text{Precision: } \frac{TP}{TP+FP} \dots\dots\dots(1)$$

2. **Recall**

Recall digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mendeteksi seluruh objek yang seharusnya terdeteksi. Nilai *recall* yang tinggi menunjukkan bahwa model mampu menemukan sebagian besar objek yang ada.

$$\text{Recall: } \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots (2)$$

3. **F1-Score**

F1-Score merupakan nilai rata-rata harmonis antara *precision* dan *recall*, yang digunakan untuk mengukur keseimbangan antara keduanya.

$$\text{F1-2: } \frac{\text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \dots\dots\dots (3)$$

4. **Intersection over Union (IoU)**

IoU digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara *bounding box* hasil prediksi model dengan *ground truth*. Nilai IoU yang tinggi menunjukkan akurasi deteksi yang baik.

$$\text{IoU: } \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}} \dots\dots\dots (4)$$

5. **Mean Average Precision (mAP)**

mAP merupakan metrik utama dalam evaluasi model deteksi objek yang menunjukkan rata-rata akurasi dari seluruh kelas objek yang diuji.

$$\text{mAP: } \frac{1}{N} \sum_i AP_i \dots\dots\dots (5)$$

6. *Frames Per Second (FPS)*

FPS digunakan untuk mengukur kecepatan model dalam memproses video secara *real-time*. Semakin tinggi nilai FPS, maka semakin cepat sistem dalam melakukan deteksi objek.

Dalam konteks penelitian ini, *computer vision* dimanfaatkan untuk mendeteksi keberadaan helm pada pengendara motor berbasis video. Dengan memanfaatkan algoritma deteksi objek seperti *YOLO*, sistem dapat mengidentifikasi apakah pengendara menggunakan helm atau tidak secara cepat dan akurat. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan *computer vision* memiliki potensi besar dalam meningkatkan keselamatan berlalu lintas melalui sistem pengawasan yang cerdas dan otomatis.

2.2.2 Deteksi Objek (*Object Detection*)

Deteksi objek merupakan tugas kunci dalam komputer visi yang bertujuan mengenali serta membedakan objek khusus pada gambar atau video diubah. Tujuan utamanya untuk mengidentifikasi posisi, jumlah, dan jenis objek yang terdapat dalam suatu gambar atau rangkaian video. Proses deteksi objek melibatkan beberapa langkah utama seperti lokalisasi objek, klasifikasi objek, identifikasi multi objek, penggunaan model deep learning, segmentasi, dan pengolahan lanjutan.

Deteksi helm merupakan salah satu bentuk penerapan *object detection* yang berfokus pada identifikasi penggunaan alat pelindung kepala oleh pengendara sepeda motor. Penggunaan helm memiliki peran penting dalam mengurangi risiko

cedera fatal akibat kecelakaan lalu lintas, sehingga pemantauan kepatuhan penggunaan helm menjadi sangat penting.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa teknologi berbasis *deep learning*, khususnya algoritma *YOLO*, sangat efektif dalam mendeteksi penggunaan helm secara otomatis. Studi oleh Reswara et al. (2025) menunjukkan bahwa model *YOLOv10* mampu mencapai nilai *mAP50* sebesar 99,5% dan akurasi sebesar 95% dalam mendeteksi penggunaan helm, yang menunjukkan performa sangat baik dalam skenario pengujian.[1] Selain itu, penelitian oleh Hidayat dan Whardana (2024) menggunakan *YOLOv5* dan *YOLOv8* untuk mendeteksi pelanggaran penggunaan helm, dengan hasil akurasi mencapai 93%–94% tergantung pada jenis dataset yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa metode *YOLO* cukup stabil dalam berbagai kondisi data.[11]

Penelitian lain oleh Meidyan dan Yustanti (2024) juga menunjukkan bahwa implementasi *YOLOv5* dalam deteksi helm berbasis video mampu mencapai nilai F1-score sebesar 0,87 dan *mAP* sebesar 0,90. Penelitian ini juga mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi deteksi, seperti latar belakang, posisi objek, dan adanya objek penghalang [12].

Selanjutnya, penelitian oleh Munip et al. (2025) mengembangkan sistem deteksi helm berbasis *YOLOv8* yang mampu bekerja pada citra statis maupun video *real-time* melalui integrasi dengan aplikasi berbasis web. Sistem ini menunjukkan bahwa deteksi helm dapat dilakukan secara otomatis dengan tingkat akurasi yang baik dalam kondisi nyata.

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa deteksi helm merupakan aplikasi penting dari *object detection* yang telah berkembang pesat dengan dukungan teknologi *deep learning*. Penggunaan model *YOLO*, khususnya versi terbaru seperti *YOLOv11* , memberikan peluang besar untuk meningkatkan efektivitas sistem pengawasan lalu lintas secara otomatis dan *real-time* .

2.3 Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) merupakan cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem yang mampu meniru kemampuan intelektual manusia, seperti berpikir, belajar, mengambil keputusan, dan memecahkan masalah. AI memungkinkan mesin untuk melakukan tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia melalui pemanfaatan algoritma dan data dalam jumlah besar.[13]

Menurut Ian Goodfellow, AI modern banyak dikembangkan melalui pendekatan *machine learning* dan *deep learning*, di mana sistem dapat belajar dari data tanpa harus diprogram secara eksplisit. AI telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti kesehatan, pendidikan, industri, hingga sistem transportasi.[14] Dalam konteks penelitian ini, AI digunakan untuk mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi penggunaan helm secara otomatis melalui analisis video, sehingga dapat meningkatkan efektivitas pengawasan lalu lintas. *Machine learning* merupakan bagian dari AI yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data dan meningkatkan kinerjanya secara

otomatis. Salah satu pendekatan yang paling berkembang saat ini adalah *deep learning*, yaitu metode pembelajaran berbasis jaringan saraf tiruan (*neural network*) yang memiliki banyak lapisan.

2.4 *Deep Learning*

Deep Learning (pembelajaran mendalam) adalah jenis *Machine Learning* yang memiliki struktur lebih spesifik. Bidang ilmu ini berfokus pada bagaimana komputer belajar menggunakan struktur yang meniru jaringan otak manusia. Model *Deep Learning* memperkenalkan pendekatan yang sangat canggih untuk *Machine Learning*. Model ini siap untuk menyelesaikan tugas-tugas yang kompleks karena telah dirancang secara khusus. *Deep Learning* menggunakan struktur jaringan yang disebut dengan *Deep Neural Network* (DNN) atau Jaringan Saraf Dalam.[15]

Istilah “*deep*” merujuk pada kedalaman atau banyaknya lapisan dalam arsitektur model yang digunakan. Saat ini, teknik *Deep Learning* umumnya terdiri dari puluhan hingga ratusan lapisan berurutan yang mampu mempelajari pola dari data pelatihan secara otomatis. *Deep Learning* memungkinkan model komputasi untuk belajar representasi yang luar biasa kompleks, halus, dan abstrak, mendorong kemajuan yang signifikan dalam berbagai masalah seperti *visual recognition*, *object detection*, *speech recognition*, *natural language processing*, *medical image analysis*, *drug discovery* dan *genomics*.[16]

Deep learning sangat efektif dalam pengolahan data kompleks seperti gambar dan video karena mampu mengekstraksi fitur secara otomatis tanpa perlu

rekayasa fitur manual. Dalam deteksi objek, *deep learning* digunakan untuk mengenali pola visual dan mengklasifikasikan objek dengan tingkat akurasi tinggi.[17]

2.5 YOLO11 (*You Only Look Once* versi 11)

Algoritma *YOLO* (*You Only Look Once*) merupakan salah satu metode deteksi objek berbasis *deep learning* yang mengalami perkembangan sangat pesat dalam satu dekade terakhir. *YOLO* dikenal sebagai single-stage detector yang mampu melakukan deteksi objek secara *real-time* dengan menggabungkan proses klasifikasi dan lokalisasi dalam satu tahap. *YOLO* (*You Only Look Once*) adalah suatu algoritma yang dikembangkan untuk melakukan deteksi objek secara *real-time*. Sistem deteksi ini menggunakan kembali *classifier* atau *locator* untuk mendeteksi objek. Gambar dibagi menjadi sel-sel grid dengan ukuran yang disesuaikan berdasarkan ukuran input. Objek dalam gambar akan terdeteksi berdasarkan skor tertinggi dari setiap sel grid yang telah dibagi.[18]

Perkembangan *YOLO* mengalami inovasi arsitektural dari generasi awal hingga versi modern. Review komprehensif menunjukkan bahwa peningkatan versi *YOLO* berfokus pada efisiensi *backbone*, fusi fitur multi-skala, serta optimasi *head* untuk meningkatkan ketelitian deteksi pada berbagai kondisi visual.[19] Menurut berbagai studi terbaru, evolusi *YOLO* dari versi awal hingga *YOLOv11* menunjukkan peningkatan signifikan dalam hal kecepatan, akurasi, serta efisiensi komputasi. Setiap versi *YOLO* dikembangkan untuk mengatasi kelemahan versi sebelumnya, seperti deteksi objek kecil, kompleksitas model, dan

kebutuhan komputasi yang tinggi.

YOLOv1 merupakan versi pertama yang diperkenalkan oleh Redmon et al. Model ini menggunakan pendekatan regresi langsung untuk memprediksi bounding box dan kelas objek dalam satu proses. Kelebihan *YOLOv1* adalah deteksi sangat cepat (*real-time*) dan kekurangan *YOLOv1* adalah akurasi rendah pada objek kecil dan kesulitan dalam mendeteksi objek yang berdekatan. *YOLOv2* dan *YOLOv3* memperbaiki kelemahan *YOLOv1* dengan menambahkan *Batch normalization*, *Anchor boxes* dan peningkatan arsitektur jaringan. *YOLOv3* menggunakan *backbone Darknet-53* yang meningkatkan akurasi deteksi terutama pada objek kecil.

YOLOv4 menyempurnakan model dengan *CSPDarknet* sebagai *backbone*, penambahan *Feature Pyramid Networks (FPN)* dan *Path Aggregation Network (PAN)*, serta penggunaan fungsi kehilangan *Complete IoU (CioU)*. Inovasi dilanjutkan oleh *YOLOv5* yang dikembangkan oleh *Ultralytics* dan berbasis *PyTorch*, sehingga lebih mudah digunakan dan diimplementasikan. Pada *YOLOv6*, diperkenalkan *EfficientRep* sebagai *backbone* dan *decoupled head* untuk meningkatkan presisi. *YOLOv7* hadir dengan *E-ELAN* dan *RepConv* untuk efisiensi dan performa yang lebih baik. Kemudian, *YOLOv8* menambahkan dukungan *multitask* seperti *instance segmentation* dan *pose estimation*.

YOLOv9 memperkenalkan inovasi *Programmable Gradient Information (PGI)* dan *GELAN* untuk mengatasi *information bottleneck*. *YOLOv10* menggunakan arsitektur *One-to-Many* dan *One-to-One head* dalam proses pelatihan dan inferensi. Terakhir, *YOLOv11* mengintegrasikan blok *C3k2* dan

modul *C2PSA* untuk memperkuat perhatian spasial dan meningkatkan fleksibilitas lintas tugas[20]

YOLOv11 , atau "*You Only Look Once* versi 11," merupakan iterasi terbaru dalam seri Ultralytics *YOLO*. Berdasarkan Ultralytics (2024), *YOLOv11* mendefinisikan ulang batasan dalam hal akurasi, kecepatan, dan efisiensi, dengan kinerja yang lebih canggih dibandingkan versi sebelumnya. Model ini memperkenalkan peningkatan yang signifikan dalam arsitektur jaringan saraf dan metode pelatihannya, sehingga mampu meningkatkan performa dalam mendeteksi objek. *YOLOv11* mencapai tingkat akurasi yang lebih tinggi dengan jumlah parameter yang lebih sedikit melalui berbagai kemajuan dalam desain model dan teknik optimasi.[21]

YOLOv11 merupakan generasi terbaru yang menghadirkan peningkatan signifikan dibandingkan versi sebelumnya. Model ini dirancang untuk meningkatkan akurasi, efisiensi, serta kemampuan generalisasi dalam berbagai kondisi lingkungan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa *YOLOv11* mampu memberikan performa lebih baik dibandingkan *YOLOv8* dan *YOLOv10* dalam hal precision, recall, dan mAP. Selain itu, *YOLOv11* juga mampu menangani berbagai tugas computer vision seperti *object tracking* dan *pose estimation* dalam satu model [22].

2.6 Implementasi *YOLOv11*

Dunn (2003:109) menyatakan bahwa pelaksanaan atau implementasi dari suatu kebijakan atau program merupakan rangkaian pilihan yang kurang lebih

berhubungan (termasuk keputusan untuk bertindak) yang dibuat oleh badan dan pejabat pemerintah yang diformulasikan dalam bidang-bidang baik kesehatan, kesejahteraan sosial, ekonomi, administrasi dan lain-lain.[23]

Istilah implementasi dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) berarti pelaksanaan atau penerapan. Istilah implementasi biasanya dikaitkan dengan suatu kegiatan yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan tertentu. Kamus Webster merumuskan secara pendek bahwa *to implement* (mengimplementasikan) berarti *to provide the means for carryingout* (menyediakan sarana untuk melaksanakan sesuatu), *to give practical effect* (menimbulkan dampak atau akibat terhadap sesuatu).[24]

Implementasi *YOLOv11* dalam deteksi helm umumnya dilakukan melalui analisis citra atau video secara *real-time*. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi objek pengendara, kemudian mengklasifikasikan apakah pengendara tersebut menggunakan helm atau tidak. Pendekatan ini banyak digunakan dalam sistem pengawasan lalu lintas dan keselamatan kerja karena mampu memberikan hasil yang cepat dan akurat.

2.7 Unified Modelling Language (UML)

Unified Modelling Language (UML) adalah suatu alat untuk memvisualisasikan dan mendokumentasikan hasil analisa dan desain yang berisi sintak dalam memodelkan sistem secara visual. Juga merupakan suatu kumpulan konvensi permodelan yang digunakan untuk menentukan atau menggambarkan sebuah sistem *software* yang terkait dengan objek.[25]

Pemodelan Perangkat Lunak (*Unified Model Language*) adalah disiplin ilmu untuk mempelajari bentuk-bentuk permodelan perangkat lunak yang digunakan sebagai bahan dari tahapan pengembangan perangkat lunak secara terstruktur dan berorientasi objek. Pemodelan rekayasa perangkat lunak ini disajikan dalam Analisis kebutuhan dan digambarkan dengan metode *Unified Modelling Language* (UML). UML (*Unified Modelling Language*) adalah suatu metode dalam pemodelan secara visual yang digunakan sebagai sarana perancangan sistem berorientasi objek.[26]

Perancangan sistem informasi yang dilakukan secara terstruktur dan sistematis merupakan tahapan krusial dalam menciptakan sistem informasi yang berkualitas. Salah satu alat bantu yang sering digunakan adalah UML (*Unified Modelling Language*) yang merupakan bahasa permodelan standar yang menyediakan beragam jenis diagram untuk menggambarkan berbagai aspek dari sistem yang sedang dikembangkan.[27]

2.8 Teknologi yang akan digunakan

Pada penelitian “Implementasi Model *YOLOv11* untuk Deteksi Penggunaan Helm Standar Indonesia (SNI) Pada Pengendara Motor Berbasis Video di Kabupaten Rokan Hulu”, sistem yang dikembangkan membutuhkan beberapa teknologi pendukung yang saling terintegrasi. Teknologi tersebut mencakup *Frontend* , *backend* , *framework deep learning*, *computer vision*, *database*, serta perangkat pendukung lain yang digunakan untuk mendukung proses pelatihan model hingga implementasi sistem deteksi *secara real-time* .

2.8.1 Teknologi *Fronted*

Fronted adalah bagian dari antarmuka pengguna (*user inerface*) yang berfungsi untuk menampilkan video masukan, hasil deteksi penggunaan helm, informasi pelanggaran, dan hasil evaluasi model. *Fronted* menjadi penghubung antara pengguna dengan sistem sehingga harus memiliki tampilan yang responsif, interaktif, dan mudah dipahami pengguna.

2.8.1.1 HTML

HTML adalah dokumen text yang bisa dibaca untuk di publikasikan di *World Wide Web* (WWW), dan semua nama file dokumen HTML mempunyai ekatensi html atau htm. HTML adalah Bahasa yang sangat tepat dipakai untuk menampilkan informasi pada halaman *Web*, karena HTML menampilkan informasi dalam bentuk *hypertext* dan juga mendukung sekumpulan perintah yang dapat digunakan untuk mengatur tampilnya informasi tersebut, sesuai dengan namanya yang menggunakan tanda (*markup*) untuk menandai perintahnya.[28]

HTML digunakan untuk membuat sebuah *paragraph*, *heading*, atau *link* pada sebuah halaman *Web*. HTML menjadi pondasi dasar yang harus dipelajari untuk mengembangkan *Website* . [29]

2.8.1.2 CSS

CSS (*Cascading Style Sheet*) Bahasa pemrograman berfungsi untuk mempercantik tampilan *Website* . CSS dapat dengan mudah di program untuk menentukan tata letak dan mempercantik halaman *Web* dengan mengatur elemen warna, sudut bulat, hingga animasi. CSS yang digunakan untuk membuat *Website*

ini adalah bekerja sama dengan HTML untuk membuat tampilan *Website* yang indah.[29]

Menurut Madcoms (2011:100) dalam [30] CSS (*Cascading Style Sheet*) adalah sebuah fitur yang diperkenalkan sejak HTML versi 4.0 dan berfungsi untuk menangani masalah tampilan pada HTML seperti jenis, ukuran dan warna font, posisi teks, batas tulisan atau margin, warna background dan sebagainya.

2.8.1.3 JavaScript

JavaScript adalah suatu Bahasa pemrograman yang dikembangkan untuk dapat berjalan pada *Web browser*. Pada awalnya *JavaScript* dikembangkan pada *Web browser* Netscape oleh Brenden Eich dengan nama Mocha, kemudian berubah menjadi *Live Script* dan yang akhirnya menjadi *JavaScript*. *Java Script* adalah program dalam bentuk script, yang akan dijalankan oleh interpreter yang telah ditanamkan ke dalam *browser Web*, sehingga *browser Web* dapat mengeksekusi program *JavaScript* [31]

JavaScript adalah bahasa pemrograman yang dapat diterapkan untuk membuat situs, game, dan aplikasi. Banyak developer menggunakan *JavaScript*. *JavaScript* adalah bahasa pemrograman yang memiliki 1.444.231 jenis *libraries* dan ini akan meningkat dalam jangka panjang [32].

2.8.2 Teknologi Backend

Backend adalah bagian sistem yang bertugas memproses logika aplikasi dan menjalankan model kecerdasan buatan. Tugasnya termasuk menerima gambar, melakukan deteksi objek dengan menggunakan model pembelajaran mesin, dan

mengirimkan hasilnya kembali dalam forma JSON.

2.8.2.1 Python

Python adalah bahasa pemrograman yang menggunakan interpreter untuk menjalankan kode programnya. Interpreter tersebut dapat menerjemahkan kode secara langsung, dan *Python* dapat dijalankan di berbagai *platform* seperti *Windows*, *Linux*, dan lain-lain. *Python* mengadopsi paradigma pemrograman prosedural seperti bahasa C, pemrograman berorientasi objek seperti *Java*, dan bahasa fungsional seperti *Lisp*. Kombinasi paradigma ini memudahkan programmer dalam mengembangkan berbagai proyek menggunakan *python*. [33]

Python memiliki *high-level* struktur data, *dynamic typing* dan *dynamic binding*. *Python* memiliki sintaks sederhana dan mudah dipelajari untuk penekanan pada kemudahan membaca dan mengurangi biaya perbaikan program. *Python* mendukung modul dan paket untuk mendorong kemandirian program dan *code reuse*. Interpreter *python* dan *standard library*-nya tersedia secara gratis untuk semua *platform* dan dapat secara bebas disebar. [34]

2.8.2.2 Flask

Flask merupakan web framework yang ditulis dalam bahasa python. *Flask* memiliki dua *external libraries* yaitu *WSGI toolkit* dan *Jinja2 template engine*. *Flask* merupakan jenis *microframework* yang tidak memerlukan *library* tertentu dalam penggunaannya. *Flask* dapat menggunakan *ekstensi* untuk menambahkan fitur dan komponen yang sudah disediakan oleh pihak ketiga dan tidak terpasang secara standar pada *Flask* seperti *Form Validation*, *Upload Handling*, dan *Database*. [35]

2.9 Google Colab

Platform Google Colaboratory (Google Colab) digunakan untuk analisis data. *Google Colab* adalah sebuah dokumen eksekusi berbasis *cloud* yang memungkinkan pengguna untuk menyimpan, menulis, dan berbagi program melalui *Google Drive*. *Platform* ini mirip dengan *Jupyter Notebook*, tetapi menawarkan fleksibilitas lebih karena dapat diakses langsung melalui *browser* seperti *Mozilla Firefox* dan *Google Chrome*. [36]

Google Colaboratory juga dikenal sebagai *Colab*, adalah *platform* komputasi awan gratis yang menyediakan lingkungan *notebook* tanpa server interaktif untuk menulis, berbagi, dan mengeksekusi kode. *Colab* beroperasi pada *notebook Jupyter*, yang kompatibel dengan bahasa pemrograman populer seperti *Python*, *R*, dan *Julia*. *Colab* menawarkan sumber daya komputasi yang kuat, termasuk akses ke mesin virtual jarak jauh berbasis *Linux* dengan unit pemrosesan grafis yang canggih hingga 12 jam. Hal ini menjadikannya *platform* yang nyaman untuk berbagai aplikasi termasuk tugas pembelajaran mendalam dan pembelajaran mesin. [37]

2.10 Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

No	Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
	Martinus &Wiyli (2024)	Implementasi Metode YOLOv5 dalam Deteksi Pelanggaran Helm	YOLOv5	Model memperoleh <i>F1-Score</i> sebesar 0,87 dan <i>mAP</i> sebesar 0,90 dalam mendeteksi penggunaan helm pada video CCTV. Faktor pencahayaan

				dan sudut kamera memengaruhi akurasi deteksi.
	Hadaya, dkk (2025)	Implementasi Deteksi Objek Penggunaan Helm dengan Metode <i>YOLOv10</i>	<i>YOLOv10</i>	Menghasilkan mAP50 sebesar 99,5% dan akurasi pengujian mencapai 95%. Sistem mampu mendeteksi penggunaan helm secara otomatis dengan baik.
	Hidayat & Whardana (2024)	Deteksi Pelanggaran Penggunaan Helm Menggunakan <i>YOLOv5</i> dan <i>YOLOv8</i>	<i>YOLOv5</i> dan <i>YOLOv8</i>	Akurasi deteksi mencapai 93-94% pada berbagai dataset pengendara motor.
	Munip, dkk (2025)	Sistem Deteksi Helm Berbasis <i>YOLOv8</i> pada Citra dan Video <i>Real-Time</i>	<i>YOLOv8</i>	Sistem mampu mendeteksi penggunaan helm secara real-time dan diintegrasikan dengan aplikasi berbasis web.
	Reswara, dkk (2025)	Implementasi Deteksi Objek Penggunaan Helm Menggunakan <i>YOLOv10</i>	<i>YOLOv10</i>	Model memperoleh performa yang baik dengan mAP50 sebesar 99,5% dan akurasi 95% pada kondisi nyata.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang saling berhubungan dan terintegrasi, setiap tahapan dijelaskan secara komprehensif dalam bagian metodologi ini, yang disusun secara sistematis dan terstruktur, untuk memberikan gambaran keseluruhan alur penelitian dari awal hingga akhir. Sebagaimana digambarkan dalam diagram alir tahapan penelitian berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.1 Rumusan Masalah dan Potensi

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan utama, yaitu masih rendahnya tingkat kepatuhan pengendara motor dalam menggunakan helm standar SNI serta keterbatasan sistem pengawasan lalu lintas yang masih

dilakukan secara manual di Kabupaten Rokan Hulu. Selain itu, dilakukan juga analisis terhadap potensi pemanfaatan teknologi berbasis *computer vision*, khususnya implementasi model *YOLOv11* dalam mendeteksi penggunaan helm melalui video secara otomatis. Teknologi ini memiliki potensi untuk meningkatkan efektivitas pengawasan, memberikan data yang akurat dan *real-time*, serta mendukung upaya penegakan aturan keselamatan berkendara secara lebih efisien dan modern.

3.2 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian serta memperkuat landasan teori melalui studi literatur. Pengumpulan data dilakukan dengan cara merekam video pengendara sepeda motor di beberapa titik jalan di Kabupaten Rokan Hulu menggunakan kamera atau CCTV. Data yang diperoleh kemudian diekstraksi menjadi frame gambar untuk dijadikan dataset, yang selanjutnya dilakukan proses anotasi (labeling) dengan kategori seperti “menggunakan helm standar SNI” dan “tidak menggunakan helm”. Dataset ini kemudian dibagi menjadi data pelatihan (*training*), validasi, dan pengujian (*testing*) guna mendukung proses pengembangan model *YOLOv11*. Proses ini penting karena kualitas dataset sangat mempengaruhi akurasi sistem deteksi objek.

Selain itu, dilakukan studi literatur dengan mengkaji berbagai jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *computer vision*, *deep learning*, dan algoritma *YOLO* dalam deteksi penggunaan helm. Studi literatur

menunjukkan bahwa metode *YOLO* banyak digunakan karena mampu melakukan deteksi objek secara cepat dan *real-time* pada gambar maupun video, serta memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi penggunaan helm di berbagai kondisi.

Melalui tahap ini, peneliti memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai metode yang digunakan, teknik pengolahan dataset, serta parameter evaluasi seperti *precision*, *recall*, dan mAP yang akan digunakan untuk menilai kinerja model dalam penelitian.

3.3 Perancangan Sistem

Tahap ini bertujuan untuk merancang sistem deteksi penggunaan helm standar SNI pada pengendara motor berbasis video menggunakan model *YOLOv11* secara terstruktur dan sistematis. Perancangan sistem dimulai dengan menentukan arsitektur alur kerja (*workflow*), yaitu proses input berupa video yang diambil dari kamera atau CCTV di Kabupaten Rokan Hulu, kemudian dilakukan ekstraksi frame untuk diproses oleh model deteksi objek.

Selanjutnya, dirancang proses pengolahan data yang meliputi *preprocessing* (seperti *resizing* dan normalisasi gambar), serta proses anotasi dataset dengan label “menggunakan helm standar SNI” dan “tidak menggunakan helm”. Model *YOLOv11* kemudian dirancang untuk melakukan pelatihan (*training*) menggunakan dataset tersebut, sehingga mampu mengenali objek secara akurat.

Pada tahap ini juga dirancang mekanisme output sistem, yaitu berupa tampilan visual dengan *bounding box* pada objek yang terdeteksi, serta informasi

klasifikasi penggunaan helm. Selain itu, disusun pula desain evaluasi sistem dengan menggunakan parameter seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *mean Average Precision* (mAP) untuk mengukur kinerja model.

Perancangan sistem ini menjadi dasar dalam proses implementasi, sehingga sistem yang dikembangkan dapat berjalan secara efektif, efisien, dan sesuai dengan tujuan penelitian.

3.4 Implementasi Sistem

Tahap ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem deteksi penggunaan helm standar SNI pada pengendara motor berbasis video menggunakan model *YOLOv11*. Proses implementasi diawali dengan menyiapkan lingkungan pengembangan, seperti penggunaan bahasa pemrograman *Python* serta *framework deep learning* yang mendukung. Selanjutnya, dataset yang telah dikumpulkan dan dianotasi digunakan dalam proses pelatihan (*training*) model untuk mengenali objek helm dan pengendara motor.

Setelah model dilatih, dilakukan integrasi dengan sistem pemrosesan video, di mana video input (baik dari rekaman maupun CCTV) akan diproses frame per frame untuk mendeteksi keberadaan helm pada pengendara secara *real-time*. Sistem kemudian akan memberikan output berupa penandaan (*bounding box*) pada objek yang terdeteksi serta klasifikasi apakah pengendara menggunakan helm SNI atau tidak.

Pada tahap ini juga dilakukan pengujian awal sistem untuk memastikan bahwa model dapat berjalan dengan baik pada berbagai kondisi, seperti perbedaan

pencahayaannya, sudut pandang kamera, dan kepadatan lalu lintas. Hasil implementasi ini menjadi dasar untuk tahap evaluasi guna mengukur performa sistem secara lebih mendalam.

3.5 Uji Fungsionalitas

Tahap ini bertujuan untuk menguji fungsionalitas sistem deteksi penggunaan helm standar SNI pada pengendara motor berbasis video yang telah dikembangkan menggunakan model *YOLOv11*. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang, mulai dari proses *input* video, pengolahan *frame*, hingga *output* deteksi objek.

Uji fungsionalitas dilakukan dengan memberikan berbagai sampel video yang memiliki variasi kondisi, seperti pencahayaan yang berbeda, sudut pengambilan gambar, serta tingkat kepadatan lalu lintas. Sistem kemudian diamati apakah mampu mendeteksi objek pengendara motor dan mengklasifikasikan penggunaan helm dengan benar. Selain itu, diuji pula apakah sistem dapat menampilkan hasil deteksi berupa *bounding box* dan label secara *real-time* tanpa mengalami error atau gangguan.

Hasil dari tahap ini digunakan untuk memastikan bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Jika ditemukan kendala atau kesalahan, maka dilakukan perbaikan sebelum masuk ke tahap evaluasi kinerja sistem secara lebih mendalam.

3.6 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan metode yang digunakan untuk mengolah dan mengevaluasi data sehingga diperoleh informasi yang bermakna sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan untuk mengukur kinerja model deteksi objek berbasis *deep learning* dalam mengidentifikasi penggunaan helm pada pengendara sepeda motor.

Hasil dari perhitungan metrik di atas kemudian dianalisis untuk:

1. Mengetahui tingkat akurasi model
2. Mengidentifikasi kesalahan deteksi (*false detection*)
3. Membandingkan performa model dengan penelitian sebelumnya

Analisis ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai keunggulan dan keterbatasan model *YOLOv11* yang digunakan dalam penelitian.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan tahapan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi model *YOLOv11* pada sistem deteksi penggunaan helm Standar Nasional Indonesia (SNI) berbasis video merupakan salah satu solusi yang potensial untuk meningkatkan efektivitas pengawasan keselamatan berkendara di Kabupaten Rokan Hulu. Penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan rendahnya kepatuhan penggunaan helm SNI serta keterbatasan pengawasan lalu lintas secara manual, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan dataset, perancangan sistem, implementasi model, pengujian fungsionalitas, dan analisis hasil. Dengan metodologi yang telah dirancang, diharapkan penelitian

dapat menghasilkan sistem deteksi penggunaan helm yang efektif, akurat, dan mampu bekerja secara *real-time*.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu, pengumpulan data sebaiknya dilakukan pada lebih banyak lokasi dan kondisi lingkungan yang beragam agar model memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik. Selain itu, jumlah dataset dan variasi objek dapat ditingkatkan untuk memperoleh hasil pelatihan yang lebih optimal. Pengembangan sistem juga dapat diarahkan pada integrasi dengan CCTV lalu lintas secara langsung sehingga sistem dapat digunakan sebagai solusi pengawasan keselamatan berkendara secara otomatis dan berkelanjutan.