

Identifikasi Kendaraan Diam Berbasis Citra Menggunakan YOLOv4 dengan Pemisahan Latar Belakang

Louis Widi Anandaputra
Departemen Ilmu Komputer dan
Elektronika
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
louiswidianandaputra@mail.ugm.ac.id

Yosef Nuraga Wicaksana
Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Indonesia
Depok, Indonesia
yosef.nuraga@ui.ac.id

Lim Bodhi Wijaya
Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Indonesia
Depok, Indonesia
lim.bodhi@ui.ac.id

Abstrak—Sebagai negara dengan populasi terbesar di Asia Tenggara, Indonesia membutuhkan stabilitas lalu lintas demi menjaga roda ekonomi. Kendaraan berhenti dan parkir pada ruas jalan secara ilegal menjadi salah satu penghambat kelancaran lalu lintas, sehingga dibutuhkan solusi atas hal tersebut, terutama pada penanganan dan pengurangannya. Penggunaan teknologi pengolahan citra digital dalam memisahkan objek bergerak dan diam akan berguna dalam efisiensi identifikasi kendaraan diam dan parkir pada lalu-lintas menggunakan *transfer learning*. Metode *cumulative dual foreground* (CDF) sebagai pemisahan latar belakang antara objek bergerak dan diam yang dilanjutkan deteksi kendaraan berbasis *transfer learning* dapat memberikan skor F1 sebesar 1 pada pengetesan terhadap data kendaraan berhenti milik ISLab serta memiliki performa yang baik pada data yang diambil melalui tayangan langsung CCTV lalu lintas kota-kota di Indonesia. Hal tersebut menjadikan metode penelitian ini dapat dikembangkan dan diimplementasikan pada situasi nyata dalam upaya peningkatan kualitas lalu lintas Indonesia.

Kata Kunci—*Non-Maximum Suppression (NMS)*, *Regions of Interests (RoI)*, *structural similarity index measure (SSIM)*, Deteksi Parkir Ilegal, Kemacetan, Latar Belakang Jangka Panjang, YOLO-V4, Pelacakan Objek.

I. PENDAHULUAN

Kapasitas jalan menjadi salah satu faktor pendukung performa lalu lintas. Indonesia sebagai negara dengan populasi dan *Gross Domestic Product* (GDP) terbesar di Asia Tenggara [1] memiliki ketergantungan erat terhadap kondisi lalu lintas yang berpengaruh terhadap perkembangan ekonomi [2]. Penggunaan kendaraan bermotor yang masif di Indonesia memiliki pengaruh terhadap kondisi lalu lintas ekonomi, mempertimbangkan terdapat lebih dari 16.000.000 kendaraan mobil penumpang dan 120.000.000 kendaraan sepeda motor [3]. Kota-kota besar di Indonesia seringkali mengalami kemacetan yang menghambat laju ekonomi. Jakarta sebagai kota terpadat di Indonesia menempati posisi ke-29 dari 390 kota pada 56 negara berdasarkan *traffic index* [4]. Salah satu faktor yang mempengaruhi terciptanya kondisi lalu lintas yang buruk adalah adanya parkir liar. Kendaraan yang berhenti dan parkir di ruas jalan menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas jalan yang berpengaruh terhadap performa lalu lintas [5]. Maka, penanggulangan terhadap parkir dan pemberhentian di luar regulasi yang berlaku menjadi salah satu tujuan dalam penelitian ini.

Definisi terkait kendaraan yang parkir dan berhenti diatur oleh Undang-Undang Negara Indonesia nomor 22

tahun 2009. Pasal 1 ayat 15 menyebutkan bahwa kendaraan yang parkir merupakan kendaraan yang tidak bergerak untuk beberapa saat dan ditinggalkan oleh pengemudinya, sedangkan kendaraan yang berhenti diatur oleh ayat 16 pada pasal yang sama, yakni kondisi kendaraan tidak bergerak hanya dalam sementara waktu saja, serta pengendaranya masih berada di tempat kemudi [6]. Beberapa jalan raya umum di Indonesia tidak mengizinkan kendaraan untuk parkir atau berhenti di ruas jalan. Penanda jalan terhadap aturan tersebut berupa marka jalan zigzag berwarna kuning yang melarang kendaraan untuk parkir bahkan berhenti, serta rambu-rambu dilarang berhenti dan parkir [7] seperti yang terdapat pada Gambar 1. Penjaminan kualitas arus lalu lintas yang baik memerlukan pengawasan serta evaluasi terhadap kendaraan yang melanggar regulasi dengan berhenti dan atau parkir di ruas jalan, sehingga pemanfaatan teknologi dapat menjadi sarana untuk mencapai tujuan tersebut.



Gambar 1. Marka dan rambu dilarang berhenti (kiri dan tengah) serta rambu dilarang parkir (kanan).

Penggunaan teknologi guna mengidentifikasi kendaraan berhenti ataupun parkir secara ilegal dapat menggunakan data citra. Penggunaan kamera pada jalan seperti CCTV yang terkoneksi pada internet menjadikan pengembangan sistem pengawasan berbasis citra semakin mudah dilakukan oleh banyak kalangan. Kota-kota seperti Yogyakarta dan Semarang [8] - [9] memberikan layanan tayangan langsung di internet, seperti memaparkan pantauan CCTV secara langsung. Proses identifikasi kendaraan berhenti pada jalan dapat dilakukan dengan melakukan pemisahan latar pada citra yang dilanjutkan dengan deteksi kendaraan. Metode pemisahan latar belakang dan latar depan pada proses pemisahan akan menghasilkan calon objek yang akan dideteksi [10]. Proses deteksi lalu dilanjutkan menggunakan metode inferensi pada model *pretrained*, spesifiknya menggunakan YOLO-V4 untuk mengidentifikasi dan menentukan letak pasti kendaraan berhenti pada citra digital. Terkait hal tersebut, model *pretrained* digunakan agar tidak diperlukan proses pelatihan panjang pada arsitektur model yang kompleks [11]. Maka dari itu, dengan

memanfaatkan metode *tracker*, akan didapat notifikasi kendaraan yang berhenti atau parkir melalui hasil deteksi oleh model pada citra.

II. STUDI LITERATUR

Terdapat beberapa metode yang dipaparkan oleh beberapa penelitian terdahulu untuk mendeteksi objek bergerak melalui citra. Ekstraksi latar belakang suatu citra telah menjadi salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi objek bergerak. Hasil penelitian yang dipaparkan oleh [12] menunjukkan kemampuan untuk identifikasi objek bergerak namun terdapat kelemahan dalam memisahkan objek dengan bayangan. Penggunaan fitur-fitur lain seperti warna dapat membantu proses identifikasi objek seperti yang dipaparkan [13] dengan proses identifikasi objek api melalui aturan warna dan analisis pergerakan objek melalui perubahan nilai piksel. Pada kasus ini, metode tersebut dapat dikembangkan untuk mengidentifikasi kejadian parkir ilegal oleh kendaraan.

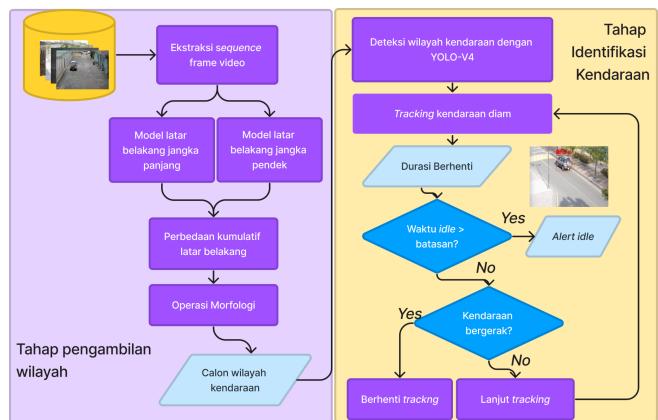
Hasil penelitian [10] oleh Wahyono et al. memaparkan metode deteksi parkir ilegal melalui model adaptif pada latar belakang ganda. Analisis terhadap setiap lokasi piksel dengan mengambil nilai maksimal dan minimal serta membandingkan perbedaannya pada sebuah *threshold* menjadi langkah awal yang dilakukan Wahyono et al. untuk mendapatkan wilayah kandidat kendaraan parkir atau berhenti. Meski demikian, metode tersebut tidak cocok untuk perubahan intensitas cahaya pada citra, sehingga pada penelitian selanjutnya [14] oleh Wahyono et al. terdapat pendekatan tambahan untuk mendapatkan kandidat objek-objek kendaraan. Pendekatan dengan mengambil wilayah stabil pada citra video melalui analisis perbedaan CDF citra dengan pengambilan *foreground* jangka panjang dan *foreground* jangka pendek menghasilkan wilayah stabil yang lebih akurat, meski terdapat perubahan pencahayaan.

Proses identifikasi kendaraan parkir maupun berhenti secara ilegal perlu dilanjutkan dengan deteksi kendaraan pada citra. Salah satu metode deteksi setelah mendapatkan wilayah stabil dapat menggunakan metode *Machine Learning* (ML) berupa *Support Vector Machine* (SVM) [14]. Penggunaan metode *Deep Learning* seperti *Region-based Convolutional Neural Network* (R-CNN) menjadi salah satu metode alternatif untuk mendeteksi kendaraan [15]. Akan tetapi beberapa penelitian lain memberikan pendekatan berbeda, salah satu penelitian mengidentifikasi objek kendaraan pada citra menggunakan metode DL terlebih dahulu sebelum analisis adanya pergerakan pada citra [16]. Terdapat juga penelitian yang memperkenalkan pendekatan baru berupa *minimum illegal units* yang menunjukkan tingkat pelanggaran kendaraan saat parkir secara ilegal [17]. Penggunaan model *transfer learning*, yakni model DL yang sudah dilatih dan memiliki pengetahuan awal [18], dapat digunakan untuk mendeteksi kendaraan [16] - [17]. Spesifiknya, model YOLO yang memiliki performa lebih cepat dengan tetap mempertahankan nilai prediksi yang baik dibandingkan dengan RCNN dan Single Shot Multi-Box Detector (SSD) [19]. Sehingga, menarik untuk melakukan identifikasi terhadap kendaraan parkir ataupun berhenti secara ilegal menggunakan pemisahan latar belakang pada wilayah stabil citra yang dilanjutkan dengan identifikasi melalui metode inferensi pada model *pretrained* sebagai

upaya peningkatan performa identifikasi kendaraan berhenti.

III. METODOLOGI

Metode identifikasi kendaraan berhenti atau *idle* memiliki dua tahap utama. Tahap pertama adalah pengambilan wilayah citra yang tidak bergerak atau stabil dan tahap kedua adalah tahap identifikasi kendaraan. Mengikuti proses pada diagram alir Gambar 2, citra video yang diekstraksi setiap *frame*-nya akan melalui proses pemisahan latar seperti yang diajukan oleh [10] yang akan dilakukan penggabungan berdasarkan perbedaan latar yang akan menghasilkan *masking* untuk memisahkan objek bergerak dari latar belakang dan dilanjutkan proses operasi morfologi berupa *closing* dan *dilatasi* untuk mendapatkan hasil *masking* yang lebih menyeluruh pada pemisahan objek diam dan bergerak [20]. Melanjutkan proses pengambilan wilayah, deteksi berdasarkan wilayah stabil akan dilakukan menggunakan inferensi pada model *pretrained*, spesifiknya model YOLO-V4 yang dapat mengidentifikasi objek menggunakan *weight* dan *bias* awal. Maka, untuk mendapatkan indikasi kendaraan diam, digunakan *tracker* berupa *channel and spatial reliability tracking* (CSRT) untuk memberikan indikator suatu kendaraan diam apabila tidak bergerak selama lebih dari yang ditentukan.



Gambar 2. Diagram alir metode yang diajukan.

A. Akuisisi Data

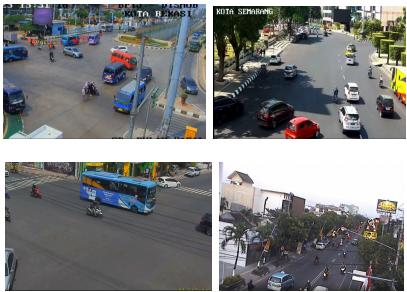
Proses identifikasi tidak melibatkan *training* menggunakan data, sehingga data yang diakuisisi akan digunakan untuk evaluasi hasil proses identifikasi. Data berupa citra 16 video kendaraan berhenti secara ilegal yang disediakan ISLab akan digunakan untuk proses evaluasi [14], dengan pertimbangan data memiliki karakteristik berupa kondisi jalan yang bervariasi. Seperti yang dipaparkan oleh Gambar 3, terdapat citra dengan kondisi jalan ramai dan sepi, kendaraan terlihat berukuran besar dan kecil, serta waktu saat siang dan malam. Maka, data ISLab dengan berbagai kondisi lalu lintas di berbagai waktu akan digunakan untuk evaluasi hasil identifikasi kendaraan berhenti dan parkir secara ilegal.

Selain itu, digunakan pula data yang diakses melalui CCTV pemerintahan daerah di Indonesia,

spesifiknya pemerintahan Yogyakarta dan Semarang. Akan dilakukan uji terhadap kecocokan penggunaan model dalam situasi lalu lintas di kota-kota besar di Indonesia. Melalui sumber seperti [8] dan [9], akan didapat citra video lalu lintas yang akan direkam menggunakan tangkapan layar. Citra video lalu lintas akan berfokus pada jalan-jalan yang memiliki marka dan rambu-rambu larangan berhenti dan parkir, seperti pada Gambar 4. Maka, pemanfaatan data terbuka milik pemerintahan dapat maksimal.



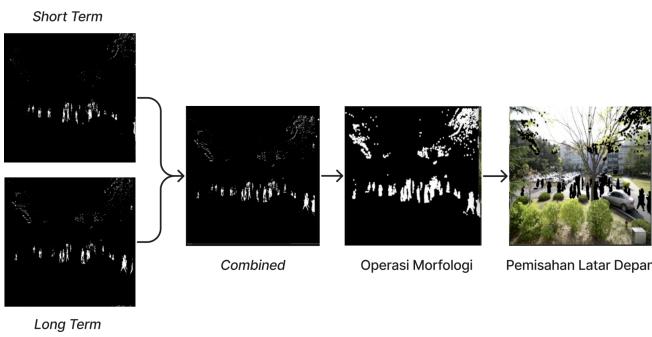
Gambar 3. Data citra kendaraan berhenti secara ilegal oleh ISLab.



Gambar 4. Data citra CCTV berbagai kota..

B. Identifikasi Wilayah Stabil dan Operasi Morfologi

Citra yang digunakan pada proses identifikasi akan melalui proses pemisahan latar belakang dengan objek yang bergerak untuk mendapatkan latar depan. Metode pemisahan menggunakan pemisahan latar dengan memanfaatkan ekstraksi *masking* objek bergerak pada citra menggunakan model jangka panjang dan jangka pendek berdasarkan penelitian [10]. Seperti yang terdapat pada Gambar 5, setelah mendapatkan citra hasil model jangka pendek dan jangka panjang, digunakan operasi morfologi untuk mendapatkan *masking* yang lebih menyeluruh dalam pemisahan latar untuk mendapatkan citra yang akan digunakan untuk identifikasi kendaraan berhenti.



Gambar 5. Alur pemisahan latar untuk mendapatkan wilayah kendaraan yang tidak bergerak.

1) Model Jangka Pendek dan Jangka Panjang

Model jangka pendek akan memisahkan objek diam dan bergerak berdasarkan perbedaan nilai antar dua *frame* setiap piksel, sedangkan model jangka panjang akan menghitung nilai rata-rata berjalan setiap piksel pada

beberapa *frame*. Pada model jangka pendek, nilai piksel P dihitung perbedaan D antar piksel dan dilakukan perbandingan pada suatu Threshold T_s untuk menentukan wilayah yang bergerak seperti pada (1) sebagai *absolute difference* dengan x dan y mengindikasikan posisi piksel.

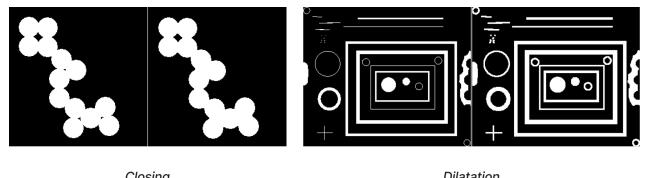
$$D_i(x,y) = |P_i(x,y) - P_{i+1}(x,y)| \quad (1)$$

$$A(x,y) = \alpha F_i(x,y) + (1 - \alpha) A(x,y) \quad (2)$$

Di sisi lain, model jangka panjang akan mengambil perbedaan berdasarkan *frame* yang sudah diakumulasi. Berdasarkan (2), nilai α memberikan signifikansi terhadap *frame* yang diakumulasi pada A dengan *frame* F . Nilai α yang semakin besar akan memberikan bobot lebih besar pada *frame* yang sedang digunakan. Maka, pada akhirnya hasil akumulasi A akan dicari selisih nilai dengan *frame* yang sedang digunakan menggunakan metode yang sama dengan (1). Hingga pada akhir proses identifikasi objek bergerak pada gambar, akan dilakukan penggabungan dua model menggunakan operator *bitwise or* agar wilayah-wilayah yang tidak termasuk pada salah satu model dapat dilengkapi.

2) Operasi Morfologi dan Pemisahan Latar Depan

Operasi morfologi diperlukan untuk mendapatkan *masking* yang lebih baik untuk dilakukan proses pemisahan latar depan. Seperti pada Gambar 6, operasi morfologi *closing* akan menutup lubang-lubang kecil pada citra dengan mempertahankan bentuk asli, sedangkan *dilatation* menambah volume pada citra dengan menambah ketebalan dan mengisi lubang-lubang kecil [20]. Setelah dilakukan operasi morfologi, akan didapat *masking* untuk setiap *frame* citra yang akan digunakan untuk pemisahan pada latar depan agar objek-objek bergerak memiliki piksel bernilai 0 seperti pada hasil pemisahan latar depan Gambar 5. Maka, didapat hasil akhir berupa citra yang memiliki wilayah yang stabil tanpa ada pergerakan.



Gambar 6. Visualisasi operasi *closing* dan *dilatasi* [22].

C. Deteksi Wilayah Kendaraan

Proses deteksi wilayah citra yang merepresentasikan objek kendaraan akan menggunakan model *pretrained* berupa YOLO-V4. Model YOLO-V4 dengan varian *darknet* sebagai model *pretrained* memiliki *weight* dan *bias* awal yang dapat mengidentifikasi kelas sebuah objek citra tanpa melibatkan proses pelatihan dasar [22]. Di lain sisi, penggunaan metode identifikasi akan melalui citra CCTV yang terdapat pada berbagai kondisi jalan membutuhkan model yang dapat melakukan proses deteksi dengan cepat dengan hasil yang baik. YOLO-V4 memiliki akurasi lebih tinggi dalam mendeteksi objek

dibandingkan dengan metode ML SVM [23] serta kecepatan inferensi yang lebih besar dengan memanfaatkan proses *single stage object detectors* [24], menjadikannya cocok digunakan pada proses identifikasi kendaraan yang parkir secara ilegal.

Hasil prediksi YOLO-V4 merupakan *bounding box* yang merepresentasikan hasil deteksi dengan *confidence level* dan disebut sebagai *Region of Interest* (RoI). Hal tersebut ditunjukkan oleh Gambar 7 yang mendeteksi mobil-mobil diam. Memanfaatkan citra stabil tanpa ada kendaraan bergerak dari hasil pemisahan, model hanya dapat mendeteksi kendaraan diam karena kendaraan bergerak tidak muncul pada citra. Akan tetapi, proses tersebut memerlukan verifikasi lebih lanjut, spesifiknya dalam mengetahui posisi kendaraan di waktu yang berbeda, sehingga akan dilakukan pelacakan pada citra yang telah berhasil dideteksi.



Gambar 7. Hasil prediksi menggunakan model YOLO-V4.

D. Pelacakan Kendaraan pada Citra

Proses *tracking* berdasarkan citra yang sudah memiliki RoI akan dimulai dengan memanfaatkan *Non-Maximum Suppression* (NMS) yang mengembalikan RoI dengan *confidence score* dan *Intersection over Union* (IoU) terbaik [25]. Lalu, akan dilakukan pengecekan duplikasi terhadap RoI, sehingga tidak terdapat beberapa deteksi pada objek yang sama. Hasil terhadap proses tersebut akan dilakukan pelacakan menggunakan *tracker* CSRT untuk menentukan kondisi *idle* kendaraan.

Implementasi metode NMS dilakukan dengan menghitung skor IoU, yakni nilai perbandingan antara luas wilayah bersimpangan dengan luas gabungan antara dua objek [26] seperti pada (3), pada setiap RoI masing-masing objek. Proses pengecekan akan menghilangkan RoI yang saling berpotongan, sehingga tersimpan satu RoI dengan *confidence score*, serta skor IoU terbaik yang melebihi *threshold* yang sudah ditetapkan. Tahap penyaringan terakhir adalah mengecek apakah terdapat duplikasi terhadap RoI yang sudah disimpan. Pengecekan ini dilakukan dengan dua kondisi yakni menghitung IoU RoI baru dengan RoI yang telah terdaftar pada pendekripsi sebelumnya dan memastikan tidak berada di dalam area satu sama lain.

$$IoU = \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}} \quad (3)$$

Tahap selanjutnya setelah mendapatkan RoI terbaik untuk tiap objek adalah inisialisasi *tracker*. *Tracker*

CSRT yang didasari pada penelitian [27] digunakan karena kebutuhan komputasi yang tidak terlalu besar, sehingga tidak harus menggunakan perangkat yang memiliki performa tinggi untuk mendekati *real time tracking*. Agar *tracker* tetap melacak objek, dilakukan pengecekan ulang pada *tracker* setiap interval *frame* yang ditentukan. Pengecekan dilakukan dengan dua kondisi yakni letak titik RoI tidak terlalu bergerak jauh dan menghitung *structural similarity index measure* (SSIM), yang merupakan tingkat kemiripan antara dua objek [28], pada objek di dalam RoI pada yang sedang dievaluasi dengan citra objek pertama kali dideteksi.

Apabila salah satu syarat tidak terpenuhi dan melebihi batas pengecualian yang ditetapkan, yakni batas yang akan berguna untuk memastikan kendaraan diam atau tidak, maka *tracker* akan dibuang. Akan tetapi, apabila memenuhi syarat atau diberikan pengecualian maka RoI akan diletakkan pada *frame output*. RoI yang sudah diperbaharui kemudian digunakan untuk pengecekan saat pendekripsi objek selanjutnya. Maka, seluruh proses tersebut akan mengindikasikan kendaraan diam pada suatu tempat. Jika posisi kendaraan tidak berubah selama batasan waktu yang ditetapkan, maka objek akan ditandai sebagai kendaraan *idle*.

E. Metrik Evaluasi

Proses evaluasi hasil identifikasi kendaraan berhenti melalui metode yang diajukan akan menggunakan parameter skor F1 yang memberi representasi akan nilai *precision* dan *recall* hasil prediksi. *Precision* menggambarkan prediksi positif yang benar, sedangkan *recall* menggambarkan kemampuan model dalam mengidentifikasi data positif, dimana skor F1 dihitung dengan menggunakan rumus (4) yang menggabungkan *precision* dan *recall* [29]. skor F1 akan menghitung jumlah objek yang berhasil diidentifikasi (TP), dibagi dengan penjumlahan TP yang ditambah dengan 0.5 kali jumlah objek salah prediksi (FP) dan jumlah objek yang tidak diprediksi (FN).

$$F1 = \frac{TP}{TP + \frac{1}{2}(FP + FN)} \quad (3)$$

IV. HASIL DAN EVALUASI

Hasil penelitian akan dievaluasi berdasarkan implementasi metode pada data ISLab dan data CCTV yang diakuisisi melalui tayangan langsung pemerintah Yogyakarta [8]. Terdapat hasil yang menunjukkan bahwa model yang diajukan dapat digunakan pada situasi langsung melalui evaluasi pada data CCTV pemerintah semarang. Secara umum, model dapat memberikan hasil akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

A. Evaluasi Implementasi pada Data ISLab

Penelitian [10] menunjukkan kemampuan metode CDF, deteksi kendaraan dengan SVM dan proses *tracking*. Melalui proses deteksi kendaraan dan *tracking* yang berbeda, metode yang diajukan dalam penelitian ini memberikan hasil yang lebih baik. Penggunaan metode

inferensi pada model *pretrained* memberikan kemampuan identifikasi kendaraan yang lebih kuat dan cepat dibanding dengan menggunakan SVM. Serta, proses identifikasi berbasis CDF yang digunakan pada metode yang diajukan dalam penelitian ini dapat memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan metode inferensi pada model *pretrained* dan *tracking* tanpa ada pemisahan latar belakang seperti [16]. Metode yang diajukan pada penelitian ini memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi semua kendaraan yang berhenti pada masing-masing video pada dataset ISLab.

TABEL I. PERBANDINGAN SKOR F1 HASIL PREDIKSI KENDARAAN DIAM.

Metode Identifikasi	Skor F1
Metode kami	1
Wahyono. 2017 [10]	0.92
Liu. 2019 [16]	0.96

Kemampuan metode prediksi pada penelitian Wahyono et al. menunjukkan kelemahan dalam mendeteksi kendaraan diam pada citra yang terdapat pada citra dengan posisi kendaraan jauh dari kamera. Pada metode Wahyono et al., terdapat beberapa kendaraan pada video 1 dan 2 yang tidak terprediksi, sedangkan hal tersebut dapat diperbaiki melalui penelitian ini. Tabel 1 menunjukkan perbandingan antara metode yang diajukan dengan penelitian Wahyono et al. Video 1 dan 2 yang tidak teridentifikasi dengan optimal oleh Wahyono et al. dapat diidentifikasi melalui metode penelitian ini seperti yang direpresentasikan Gambar 8.



Gambar 8. Hasil identifikasi kendaraan berhenti pada video 1 (kiri) dan video 2 (kanan) dataset ISLab.

Hasil prediksi yang diberikan oleh metode yang diajukan pada penelitian ini tidak memiliki prediksi yang salah, ditunjukkan dengan tidak adanya FP pada hasil identifikasi. Seperti yang dipaparkan oleh Tabel 2, tidak adanya FP menunjukkan proses pemisahan latar antara objek bergerak dan diam dapat berfungsi dengan baik serta proses deteksi kendaraan melalui citra yang dihasilkan pada proses tersebut dapat digunakan pada kasus nyata. Maka, metode yang diajukan pada penelitian ini memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan metode pada penelitian sebelumnya.

B. Evaluasi Implementasi pada Data CCTV

Melalui implementasi proses deteksi pada citra video yang diambil melalui CCTV berbagai kota, model dapat mengidentifikasi kendaraan *idle*, bahkan pada lampu merah. Akan tetapi, batas waktu untuk kendaraan yang berhenti di lampu lalu lintas perlu diperpanjang pada saat proses *tracking* agar tidak mengidentifikasi kendaraan yang mengantri lampu lalu lintas sebagai kendaraan *idle*. Pada Gambar 9, dilakukan proses identifikasi kendaraan diam menggunakan data CCTV persimpangan Mall Galeria. Proses identifikasi berhasil dilakukan pada video CCTV di jalan tersebut meski terdapat kendaraan yang mengantri pada lampu lalu lintas persimpangan tersebut.

TABEL II. PERBANDINGAN *TRUE POSITIVE* DAN *FALSE POSITIVE* HASIL PREDIKSI KENDARAAN DIAM.

Video	GT	Wahyono. 2017 [10]		Metode kami	
		TP	FP	TP	FP
1	3	2	1	3	0
2	3	2	0	3	0
3	1	1	0	1	0
4	1	1	0	1	0
5	1	1	0	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0
9	1	1	0	1	0
10	1	1	0	1	0
11	1	1	0	1	0
12	1	1	0	1	0
13	1	1	0	1	0
14	2	2	0	2	0
15	1	1	0	1	0
16	1	1	0	1	0



Gambar 9. Hasil pemisahan latar (kiri) dan hasil identifikasi kendaraan berhenti pada CCTV kota Yogyakarta.

C. Batasan Penelitian

Melalui hasil percobaan implementasi metode identifikasi kendaraan berhenti pada berbagai jenis data citra, terdapat beberapa batasan yang menjadi poin evaluasi metode identifikasi yang diajukan pada penelitian ini. Secara umum, metode identifikasi kendaraan berhenti yang diajukan pada penelitian ini akan lebih mudah digunakan pada jalan-jalan yang dikhawatirkan tanpa adanya izin untuk berhenti atau parkir. Maka, terdapat beberapa poin yang menjadi batasan penelitian ini:

1) Deteksi ulang objek

Objek kendaraan diam yang terputus pada proses *tracking* akan dideteksi ulang sebagai objek berbeda. Hal ini merupakan akibat proses deteksi yang akan terulang jika terdapat gangguan. Gangguan-gangguan pada proses identifikasi sebagian besar berupa tertutupnya RoI oleh kendaraan yang lebih besar.

2) Posisi kamera

Pada waktu-waktu dan kondisi tertentu, posisi kamera perlu diposisikan secara ideal agar proses deteksi dapat berjalan dengan optimal. Saat malam hari atau pada jalan-jalan yang luas, diperlukan posisi kamera yang ideal.

3) Parameter proses deteksi

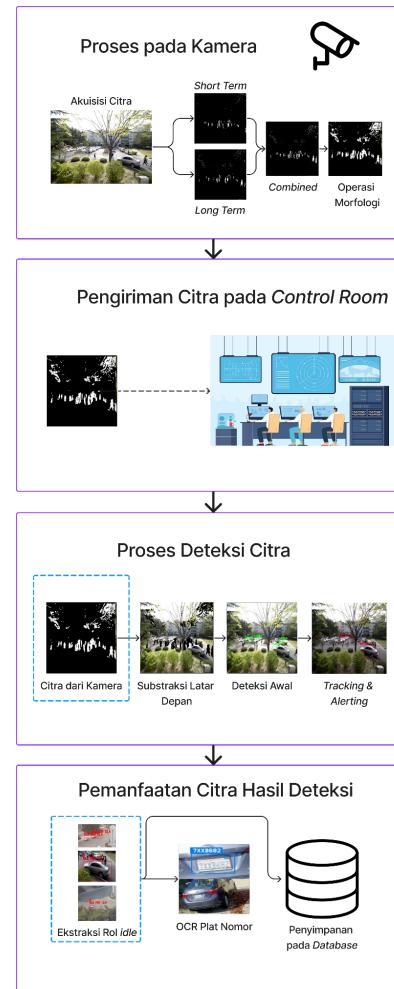
Parameter-parameter dan batasan-batasan yang digunakan pada proses deteksi harus disesuaikan dengan sifat citra yang digunakan. Tipe citra yang berbeda akan mempengaruhi batasan-batasan pada proses identifikasi, sehingga untuk mendapatkan hasil ideal, akan dibutuhkan penyesuaian terhadap parameter dan batasan yang digunakan.

D. Proposal Implementasi

Kemampuan identifikasi secara *real time* yang dimiliki oleh model identifikasi berdasarkan CDF dan inferensi pada model *pretrained*. Mengikuti Gambar 10, proses pengambilan wilayah stabil dapat dilakukan pada kamera dengan instalasi kamera yang menggunakan *microcontroller* yang memadai. Melalui hal tersebut, akan dilakukan proses akuisisi citra terhadap kondisi jalan, kemudian dilakukan pemisahan latar belakang jangka panjang dan jangka pendek yang nantinya akan dikombinasikan dan dioperasi secara morfologi untuk mendapatkan *masking* yang berguna pada proses pemisahan latar belakang yang menghasilkan wilayah stabil.

Setelah *masking* terhadap latar belakang dikirim pada *control room*, akan didapatkan wilayah stabil pada citra yang dapat digunakan untuk proses deteksi kendaraan. Proses deteksi dilakukan melalui *control room* agar beban pada perangkat kamera menjadi lebih ringan. Setelah melalui proses deteksi dan *tracking*, akan didapat data-data kendaraan yang berhenti secara ilegal. Data-data tersebut dapat langsung disimpan pada *database* pihak berwenang atau dilakukan *Optical Character Recognition* (OCR) untuk mengetahui plat

nomor kendaraan yang melanggar aturan dilarang berhenti dan parkir yang kemudian disimpan pada *database*. Proses ini kemudian dapat berguna bagi pihak berwenang untuk menindak-lanjuti secara hukum, mendapatkan bukti statistik mengenai pelanggaran aturan dilarang berhenti dan parkir guna menjadi bahan evaluasi peningkatan pengawasan atau penataan ulang jalan, bahkan pengembangan lebih lanjut dengan penggabungan terhadap proses optimalisasi lalu lintas berdasarkan peta dan kepadatan lalu lintas.



Gambar 10.
diajukan.

Metode implementasi nyata proses identifikasi yang

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini memberikan solusi terhadap proses identifikasi kendaraan berhenti pada jalan raya menggunakan metode yang lebih optimal dan efisien dengan mengacu pada penelitian terdahulu. Penggunaan CDF yang dipadukan dengan deteksi berbasis inferensi pada model *pretrained*, serta diikuti oleh proses *tracking* berbasis *frame* dapat memberikan solusi optimal terhadap proses identifikasi kendaraan berhenti dengan skor F1 sebesar 1 pada data ISLab. Hal tersebut mengindikasikan kemampuan yang sangat baik tak hanya dalam mengenali semua kendaraan berhenti, tetapi juga dapat mendeteksinya dengan presisi tanpa ada kesalahan dalam proses deteksi kendaraan. Metode CDF juga memberikan kemudahan dalam proses komputasi dengan objek bergerak yang dihilangkan,

sehingga proses deteksi dan penandaan terhadap kendaraan yang bergerak sebagai objek diam diminimalisir. Maka, metode identifikasi berbasis CDF dan deteksi kendaraan menggunakan inferensi pada model *pretrained* yang diikuti oleh *tracking* dapat digunakan pada kasus nyata.

Pada penelitian selanjutnya, diharapkan dilakukan *fine tuning* pada model *pretrained* yang digunakan jika memanfaatkan model *pretrained* dengan melakukan proses *training* tambahan menggunakan data lain untuk meningkatkan kemampuan deteksi. Selain itu, berbagai *threshold* yang digunakan pada keseluruhan proses disarankan untuk disesuaikan pada kondisi citra yang digunakan. Oleh karena itu, proses identifikasi kendaraan diam akan semakin optimal.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Indonesia" World Bank Open Data, <https://data.worldbank.org/country/indonesia> (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [2] P. J. Getler, M. Gonzalez-Navarro, T. Graener, and A. D. Rothenberg, "Road Quality, Local Economic Activity, and Welfare: Evidence from Indonesia's Highways," Search.library.berkeley.edu, https://search.library.berkeley.edu/permalink/01UCS_BER/s4lks2/cdi_cdl_escholarship_oai_escholarship_org_ark_13030_qt0vs9p5mb (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [3] Kepolisian Republik Indonesia, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2019-2021," Badan Pusat Statistik, <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html> (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [4] "Traffic index ranking: Tomtom traffic index," Traffic Index ranking | TomTom Traffic Index, <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/> (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [5] A. Basri, "Uin Alauddin," ANALISIS DAMPAK PARKIR TERHADAP KINERJA LALU LINTAS DI RUAS JALAN SEKITAR MALL PANAKUKANG KOTA MAKASSAR, <http://repository.uin-alauddin.ac.id/7320/1/Aisyah%20Basri.pdf> (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [6] Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia, https://www.dpr.go.id/dokdih/document/uu/UU_2009_22.pdf (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [7] Menteri Perhubungan, "Permenhub no. 13 Tahun 2014 - JDIH Bpk Ri," DATABASE PERATURAN, <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/103683/permehub-no-13-tahun-2014> (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [8] "CCTV Berbasis Kewilayahan | Pemerintah Kota Yogyakarta," CCTV Berbasis Kewilayahan Pemerintah Kota Yogyakarta, <https://cctv.jogjakota.go.id/> (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [9] "TILIK SEMAR (Monitoring CCTV Pemkot Semarang)," Tiliksemar, <http://tiliksemar.semarangkota.go.id/dashboard> (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [10] Wahyono, A. Filonenko, and K.-H. Jo, "Illegally parked vehicle detection using adaptive dual background model," *IECON 2015 - 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Jan. 2016. doi:10.1109/iecon.2015.7392432
- [11] X. Han *et al.*, "Pre-trained models: Past, present and future," *AI Open*, vol. 2, hal. 225–250, 2021. doi:10.1016/j.aiopen.2021.08.002
- [12] J. Zuo, Z. Jia, J. Yang, and N. Kasabov, "Moving object detection in video sequence images based on an improved visual background extraction algorithm," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 79, no. 39–40, hal. 29663–29684, 2020. doi:10.1007/s11042-020-09530-0
- [13] G. F. Shidik, F. N. Adnan, C. Supriyanto, R. A. Pramunendar, and P. N. Andono, "Multi color feature, background subtraction and time frame selection for fire detection," *2013 International Conference on Robotics, Biomimetics, Intelligent Computational Systems*, Nov. 2013. doi:10.1109/robionetics.2013.6743589
- [14] Wahyono and K.-H. Jo, "Cumulative dual foreground differences for illegally parked vehicles detection," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 13, no. 5, hal. 2464–2473, Feb. 2017. doi:10.1109/tii.2017.2665584
- [15] S.-C. Hsu, C.-L. Huang, and C.-H. Chuang, "Vehicle detection using simplified fast R-CNN," *2018 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)*, Jan. 2018. doi:10.1109/iwait.2018.8369767
- [16] Z. Liu, W. Chen, and C. K. Yeo, "Automatic detection of parking violation and capture of license plate," *2019 IEEE 10th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, Oct. 2019. doi:10.1109/iemcon.2019.8936164
- [17] X. Peng *et al.*, "Real-time illegal parking detection algorithm in Urban Environments," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 23, no. 11, hal. 20572–20587, Jun. 2022. doi:10.1109/tits.2022.3180225
- [18] A. Hosna *et al.*, "Transfer learning: A friendly introduction," *Journal of Big Data*, vol. 9, no. 1, 2022. doi:10.1186/s40537-022-00652-w
- [19] L. Tan, T. Huangfu, L. Wu, and W. Chen, *Comparison of yolo v3, faster R-CNN, and SSD for real-time pill identification*, 2021. doi:10.21203/rs.3.rs-668895/v1
- [20] R. M. Haralick, S. R. Sternberg, and X. Zhuang, "Image analysis using mathematical morphology," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-9, no. 4, hal. 532–550, 1987. doi:10.1109/tpami.1987.4767941
- [21] "Types of Morphological Operations," MathWorks, <https://www.mathworks.com/help/images/morphological-dilation-and-erosion.html> (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [22] W. Yijing, Y. Yi, W. Xue-fen, C. Jian, and L. Xinyun, "Fig fruit recognition method based on Yolo V4 Deep Learning," *2021 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2021. doi:10.1109/ecti-con51831.2021.9454904
- [23] Ö. Kaplan and E. Saykol, "Comparison of support vector machines and deep learning for vehicle ...," Comparison of Support Vector Machines and Deep Learning for Vehicle Detection, https://www.researchgate.net/publication/329865607_Comparison_of_Support_Vector_Machines_and_Deep_Learning_for_Vehicle_Detection (diakses pada 23 Agustus 2023).
- [24] T. Diwan, G. Anirudh, and J. V. Tembhere, "Object detection using yolo: Challenges, architectural successors, datasets and applications," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 82, no. 6, hal. 9243–9275, 2022. doi:10.1007/s11042-022-13644-y
- [25] A. Neubeck and L. Van Gool, "Efficient non-maximum suppression," *18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06)*, 2006. doi:10.1109/icpr.2006.479
- [26] H. Rezatofighi *et al.*, "Generalized intersection over union: A metric and a loss for bounding box regression," *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019. doi:10.1109/cvpr.2019.00075
- [27] A. Lukežić, T. Vojir, L. Čehovin Zajc, J. Matas, and M. Kristan, "Discriminative correlation filter tracker with Channel and Spatial Reliability," *International Journal of Computer Vision*, vol. 126, no. 7, hal. 671–688, 2018. doi:10.1007/s11263-017-1061-3
- [28] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 600–612, 2004. doi:10.1109/tip.2003.819861
- [29] H. Dalianis, "Evaluation metrics and evaluation," *Clinical Text Mining*, hal. 45–53, 2018. doi:10.1007/978-3-319-78503-5_6