

# Deteksi Objek Pada Mobil Otonom dengan Kamera Termal Inframerah

Mannarul Hidayah, Astria Nur Irfansyah, dan Djoko Purwanto  
Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: irfansyah@ee.its.ac.id

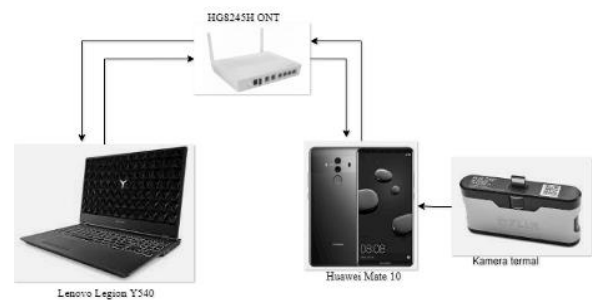
**Abstrak**—Mobil otonom adalah mobil yang beroperasi dengan aman dan efektif tanpa adanya kendali manusia. Mobil ini terdiri dari sistem yang dapat berinteraksi dengan lingkungan. Mobil otonom dilengkapi sensor untuk dapat mengetahui kondisi sekitar. Saat ini kamera termal telah banyak diterapkan pada mobil otonom karena kemampuan menerima gelombang cahaya inframerah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan riset kamera termal agar dapat diaplikasikan dan digunakan pada I-CAR ITS. Metode utama yang digunakan dengan penginderaan dan pemrosesan visual komputer. pengambilan data dilakukan saat siang dan malam hari untuk mendapatkan perbandingan data yang akan dideteksi dengan menggunakan metode MRCNN (*Mask-Regional Based Convolutional Neural Network*). Arsitektur yang digunakan adalah FPN dan RESNET 101. Penelitian ini dirancang untuk mendeteksi objek terdiri dari mobil, motor, sepeda, dan manusia. Perancangan perangkat keras penelitian ini diantaranya kamera termal *Flir one*, laptop, *smartphone*, dan ONT. Pada penelitian ini matahari dapat mempengaruhi kualitas gambar yang diakibatkan radiasi sinar matahari. Dari hasil evaluasi didapatkan nilai mAP 70,8%, presisi 84,8%, rasio ROI dari tiap kelas adalah 33%, dan rata-rata tingkat kepercayaan 90%. Jarak maksimum deteksi siang hari sampai dengan 10 meter dan 5 meter untuk pengujian malam hari. Sistem mendeteksi dengan kecepatan 4,5 fps, dari acuan tersebut mobil otonom (ICAR) direkomendasikan melaju maksimal adalah 16 km/jam.

**Kata Kunci**—Kamera Termal Inframerah, Mobil Otonom, Penginderaan Visual.

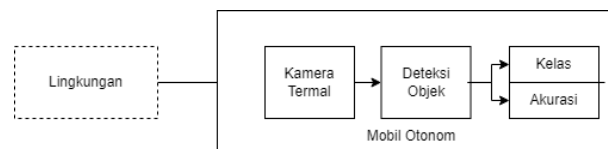
## I. PENDAHULUAN

ARSITEKTUR sistem kontrol kendaraan otonom biasanya terdiri dari dua bagian utama: sistem persepsi dan sistem pengambilan keputusan. Sistem persepsi bertanggung jawab untuk memberikan perkiraan keadaan kendaraan dan lingkungan sekitarnya menggunakan data yang diperoleh dari sensor papan seperti lidar, radar, kamera, GPS, IMU, dan odometer, serta informasi awal tentang jaringan jalan, lalu lintas, peraturan, dinamika kendaraan, dan lain-lain [1]. Bagian lain dari arsitektur sistem kontrol kendaraan otonom adalah pengambilan keputusan. Sistem pengambilan keputusan bertanggung jawab atas navigasi kendaraan otonom dari kondisi awal dan posisi ke tujuan, dengan mempertimbangkan keadaan kendaraan saat ini, lingkungan, peraturan lalu lintas, serta keselamatan dan kenyamanan penumpang. Sistem pengambilan keputusan dibagi menjadi sub sistem yang bertanggung jawab untuk tugas yang berbeda seperti perencanaan rute, pengambilan keputusan perilaku, perencanaan gerak, analisis lalu lintas, penghindaran rintangan, dan kontrol lalu lintas [1].

Kamera adalah sensor yang sudah lama digunakan dari waktu ke waktu. Kamera merupakan perangkat yang digunakan dalam berbagai hal dalam kehidupan manusia. Implementasi dari kamera diantaranya digunakan pada



Gambar 1. Skema rancangan perangkat keras.



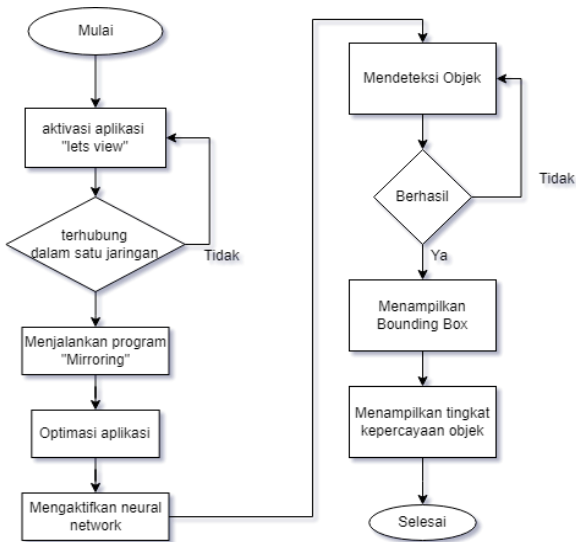
Gambar 2. Diagram rancangan sistem.

kendaraan pintar yang difungsikan untuk mengenali objek sekitar [2]. Keuntungannya adalah harga yang murah dan mendapatkan data yang melimpah juga menjadi keuntungannya. Namun, kamera rentan terhadap perubahan lingkungan dan membutuhkan sejumlah besar sumber daya komputasi untuk pemrosesan data. Di samping itu, Kamera sangat perlu menyesuaikan kondisi pencahayaan yang diatur berdasarkan konfigurasi ISO konfigurasi kecerahan. Dengan semakin tinggi konfigurasi ISO dapat menyebabkan timbulnya *noise* yang dapat memperburuk kualitas pengambilan dengan pengaturan bukaan kamera yang perlu diatur bersamaan dengan pengaturan ISO dan lain-lainnya. Di samping itu kamera termal inframerah dapat mengklasifikasikan dan mengidentifikasi objek dengan kecepatan tinggi sepanjang hari dalam kegelapan, di mana bidang pandang terganggu bayangan, sinar matahari, ataupun kabut. Karena kamera termal infra-merah memproses panas, objek makhluk hidup seperti hewan dan manusia atau pun kendaraan dapat diidentifikasi lebih efektif [3].

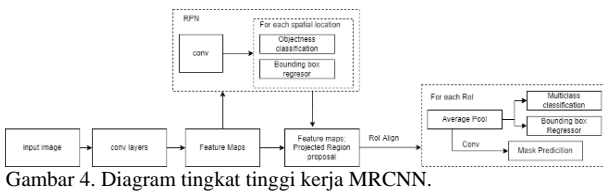
## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Kamera Termal Inframerah

Kamera termal infra merah adalah kamera yang menangkap gambar dari sebuah objek dengan menggunakan radiasi infra merah yang dipancarkan dari objek tersebut, proses ini dikenal dengan proses imaging thermal [2]. Kamera termal digunakan untuk membaca suhu permukaan. Umumnya kamera jenis termal digunakan di bidang kemiliteran, medis, dan industri. Kamera inframerah memiliki kesamaan dengan kamera umum yang membentuk gambar menggunakan cahaya tampak. Rentang kisaran 400–700 nanometer (nm) dari kamera cahaya tampak, kamera inframerah sensitif terhadap panjang gelombang dari sekitar



Gambar 3. Diagram alir program.



Gambar 4. Diagram tingkat tinggi kerja MRCNN.

1.000 nm (1 mikrometer atau 1  $\mu\text{m}$ ) hingga sekitar 14.000 nm.

Radiasi oleh inframerah memiliki karakteristik seperti tidak dapat dilihat secara langsung oleh manusia, tidak dapat menembus materi yang tidak tembus pandang, dapat terlihat oleh komponen yang menghasilkan panas, dan Panjang gelombang inframerah memiliki hubungan yang berlawanan atau berbanding terbalik dengan suhu. Ketika suhu mengalami kenaikan, maka panjang gelombang mengalami penurunan. Sinar infrared terbagi menjadi subdivisi dikarenakan panjang gelombangnya, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

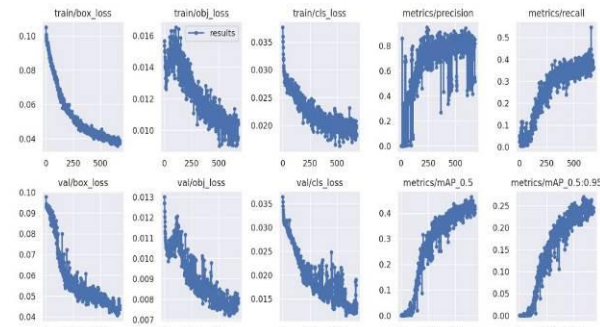
Wilayah "pencitraan termal", di mana sensor dapat memperoleh gambar objek yang sepenuhnya pasif hanya sedikit lebih tinggi suhunya daripada suhu kamar - misalnya, tubuh manusia - hanya berdasarkan emisi termal dan tidak memerlukan penerangan seperti matahari, bulan, atau iluminator inframerah. Wilayah ini juga disebut "inframerah termal". NIR dan SWIR bersama-sama kadang-kadang disebut "inframerah yang dipantulkan", sedangkan MWIR dan LWIR disebut sebagai "inframerah termal". Tabel 2 merupakan tabel aplikasi teknologi detektor pada kamera.

**B. iCAR**

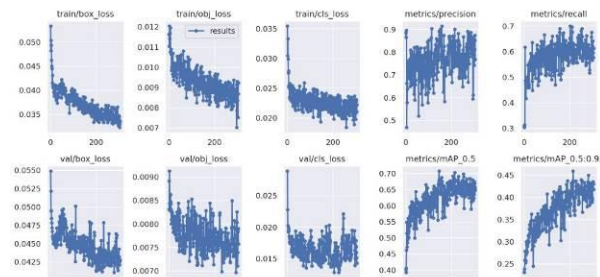
ITS saat ini memiliki penelitian di bidang automotive khususnya di bidang Autonomous Vehicle (AV). Sistem pengemudian otonom mengolah informasi yang diperoleh dari sistem persepsi (perception system) untuk menghasilkan informasi perencanaan gerak (motion planning) pada mobil otonom. Sistem persepsi berfungsi untuk mengenali lingkungan di sekitar mobil otonom. Perencanaan gerak berfungsi sebagai acuan untuk menggerakkan mobil secara otonom di jalan. Platform komputasi kecerdasan artificial (artificial intelligence computation platform) yang berupa perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) memegang peran yang penting untuk mewujudkan sistem pengemudian otonom [4].



Gambar 5. Efek sinar matahari terhadap kamera termal.



Gambar 6. Grafik hasil latihan dataset.



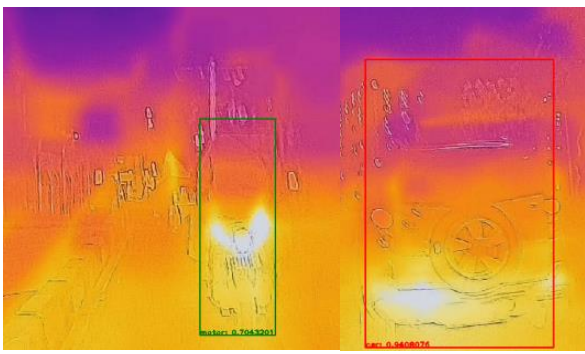
Gambar 7. Grafik hasil latihan dataset.

**C. OpenCV**

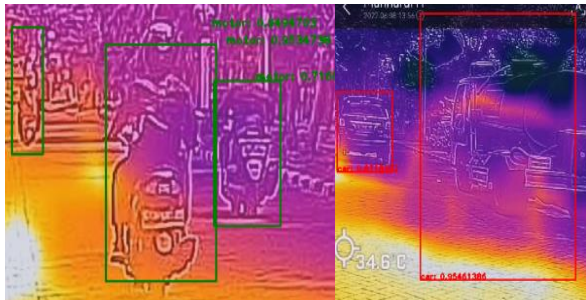
Lebih Pustaka OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah Pustaka yang umum digunakan pada computer untuk memprogram citra digital. Pada umumnya penggunaan Pustaka OpenCV digunakan untuk menerapkan fungsi filter untuk mendapatkan gambar yang dibutuhkan, diantaranya pengaturan threshold, mengubah tingkat kecerahan dan pewarnaan yang akan ditampilkan. Selain itu penerapan machine learning dapat menggunakan Pustaka OpenCV dan Pustaka matematis seperti numpy untuk perhitungan. OpenCV memiliki fungsi untuk mensampling gambar untuk keperluan pengambilan gambar [5].

**D. Foreground Detection**

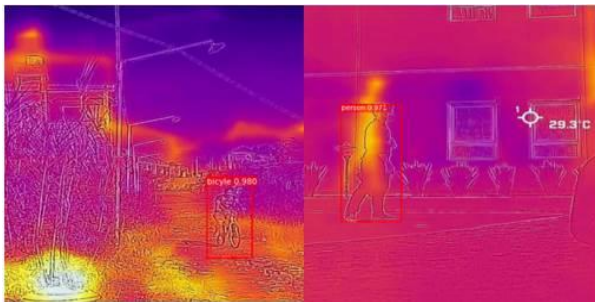
Deteksi latar depan memisahkan latar depan dari latar belakang berdasarkan perubahan yang terjadi di latar depan. Ini adalah seperangkat teknik yang biasanya menganalisis urutan video yang direkam secara real time dengan kamera stasioner. Background subtraction merupakan metode yang umumnya digunakan untuk mendeteksi objek bergerak pada video dari kamera statis (stationary camera) [5]. Proses deteksi objek bergerak dengan metode background subtraction didasarkan pada perbedaan antara background referensi.



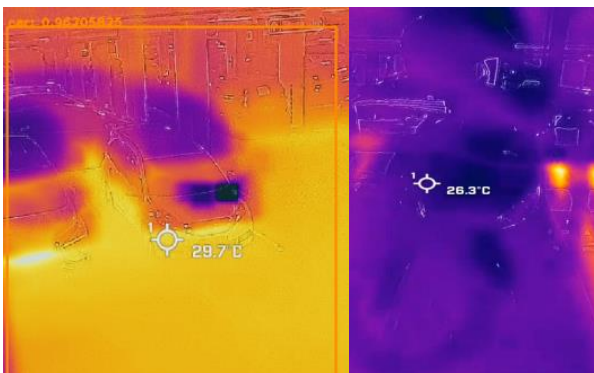
Gambar 8. Uji coba deteksi malam hari kendaraan bermotor.



Gambar 9. Uji coba deteksi siang hari kendaraan bermotor.



Gambar 10. Uji coba deteksi siang hari objek sepeda dan orang.



Gambar 11. Deteksi kendaraan bermotor pada malam hari kondisi mesin tidak menyala.

Latar belakang (background) diasumsikan sebagai bingkai pada waktu  $t$ . Perbedaan gambar hanya akan menunjukkan beberapa intensitas untuk lokasi piksel yang telah berubah dalam dua frame. Walaupun latar belakang telah diredam, pendekatan ini hanya akan berfungsi saat semua piksel objek bergerak dan semua piksel latar belakang dalam kondisi tidak berubah. Pengaturan ambang batas digunakan untuk meningkatkan pengurangan [6].

**E. Neural Network**

Penelitian Tugas akhir ini akan menggunakan mesin pembelajaran dengan metode jaringan neural yang dikembangkan oleh Cornell University, Metode yang

Tabel 1.  
Subdivisi kamera inframerah

Divisi	Singkatan	Panjang gelombang	Frekuensi
Near-Infrared	NIR,IR-A DIN	0.75–1.4 $\mu\text{m}$	214–400 THz
Short-wavelength infrared	SWIR, IR-B DIN	1.4–3 $\mu\text{m}$	100–214 THz
Mid-wavelength	NWIR, IR-C, DIN; MidIR	3–8 $\mu\text{m}$	37–100 THz
Long-wavelength	LWIR,IR-C DIN	8–15 $\mu\text{m}$	20–37 THz
Far Infrared	FIR	15–1,000 $\mu\text{m}$	0.3–20 THz

Tabel 2.  
Aplikasi teknologi detektor pada kamera

Aplikasi	1	2	3	4	5
Traffic Sign Recognition	x				
Adaptive Cruise Control			x		
Lane Departure warning	x				
Front Cross traffic alert		x	x		
Emergency brake assist	x	x	x	x	
pedestrian/animal detection	x	x		x	
pedestrian/animal classification	x	x			
Night Vision		x			
Blind Spot detection		x	x		
Rear Collision warning			x		x
park assist	x			x	
mapping/location		x	x		x
rear cross traffic alert					x
Rear AEB					x
Collision avoidance	x	x	x	x	

Keterangan:  
1: Visible  
2: Inframerah  
3: Radar  
4: Lidar  
5: Ultrasonik

digunakan yaitu M-RCNN (Mask Regional Based Convolutional Neural Network). Metode ini perkembangan dari metode sebelumnya yaitu FRCNN. M-RCNN dapat menampilkan gambar dengan kecepatan lima gambar perdetik [7]. Umumnya metode ini digunakan untuk segmentasi dan klasifikasi objek sebagai tujuan utamanya, namun pada dasarnya dapat digunakan sebagai metode untuk deteksi objek dikarenakan deteksi objek adalah fundamental dari kedua tujuan tersebut.

Mask R-CNN (Mask Regional Based Convolutional Neural Network) adalah kerangka kerja dua tahap: tahap pertama melihat gambar dan menghasilkan proposal (area yang kemungkinan berisi objek). Dan tahap kedua mengklasifikasikan proposal dan menghasilkan kotak pembatas dan mask. Arsitektur dari metode ini menggunakan arsitektur Resnet 101 [8]. Arsitektur ini memiliki modul deteksi yang telah dikembangkan sebelumnya yaitu FPN (Feature Pyramid Network) dimana FPN meningkatkan piramida ekstraksi fitur standar dengan menambahkan piramida kedua yang mengambil fitur tingkat tinggi dari piramida pertama dan meneruskannya ke lapisan yang lebih rendah. Dengan melakukan itu, ini memungkinkan fitur di setiap level untuk memiliki akses ke fitur level yang lebih rendah dan lebih tinggi. Modul lain yang digunakan pada metode ini adalah RPN (Regional Proposal Network) RPN adalah jaringan saraf ringan yang memindai gambar dalam mode sliding-window dan menemukan area yang berisi objek. RPN memiliki kelebihan untuk dapat beroperasi pada kartu grafis yang lebih kecil. RPN menghasilkan dua keluaran untuk setiap anchor; kelas dan kotak pembatas.

Tabel 3.  
Emisivitas benda

Bahan	Emisivitas	Bahan	Emisivitas
Aluminium	0,03	Aluminium (dianodasi)	0,9
Perak	0,02	Perunggu	0,4
Salju	0,8-0,9	Semi Metal	0,86-0,93
Aspal	0,88	Kertas	0,88
Kulit manusia	0,97-0,999	Kaca	0,95
Air	0,95	Batu	0,9

Tabel 4.  
Dataset

Dataset	Jumlah gambar	Jumlah anotasi	
		Mobil	Motor
Kendaraan(training)	352	305	299
kendaraan(validasi)	173	146	149
		Sepeda	Orang
Sepeda dan orang (training)	338	213	125
Sepeda dan orang (validasi)	164	98	66

F. Emisivitas Benda

Pada umumnya tiap benda di muka bumi memiliki energi yang dipancarkan oleh benda itu sendiri yang mempengaruhi fisik benda saat merespon pancaran energi lain. Rasio energi material yang terpancarkan oleh benda hitam yang ideal pada suhu yang sama disebut dengan emisivitas ( $\epsilon$ ) [9]. Warna yang merekat pada material juga memiliki pengaruh pada nilai emisivitas benda. Benda hitam sempurna memiliki emisivitas sama dengan 1 ( $\epsilon=1$ ) sementara objek sesungguhnya memiliki emisivitas kurang dari satu. Emisivitas adalah satuan yang tidak berdimensi Pada umumnya, semakin kasar dan hitam benda tersebut, emisivitas meningkat mendekati 1. Emisivitas benda ditunjukkan pada Tabel 3.

G. Image Processing

Pemrosesan gambar atau image processing adalah suatu bentuk pengolahan sinyal dengan input gambar dan gambar akan ditransformasi menjadi gambar baru dengan Teknik matematis. Untuk metode pengambilan bagian pada gambar dapat menggunakan metode canny edge detection. Deteksi tepi (edge detection) adalah teknik pemrosesan gambar berdasarkan diskontinuitas dalam kecerahan gambar. Hasil dari teknik memberikan batas-batas objek yang berupa garis. Masukan gambar disaring warna sebelum deteksi tepi karena teknik terutama mencari batas warna yang berbeda [5]. Umumnya untuk menghasilkan gambar yang lebih baik kualitasnya perlu diterapkan filtering terlebih dahulu seperti menfilter threshold kecerahan dan mengatur konsentrasi warna dari gambar.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Sistem Perangkat Keras

Sistem dirancang menggunakan perangkat terintegrasi dengan koneksi internet. Gambar 1 merupakan skema rancangan perangkat keras. Sedangkan Gambar 2 merupakan diagram rancangan sistem. Perangkat pada penelitian ini meliputi laptop, *smartphone*, kamera termal *flir one*, ONT(*Optical Network Terminal*). Laptop berfungsi sebagai otak dari sistem, kamera termal digunakan sebagai sensor inframerah, *smartphone* berfungsi sebagai media akuisisi

Tabel 5.  
Hasil uji model metode MRCNN

Durasi	Loss epoch 1	Loss epoch 30	Val loss
30 jam, 30 menit	7,8765	3.5978	8,5748
52 menit 14 detik	8.9674	2.9786	9.4573
49 menit, 14 detik	7,9316	0.7891	0.4187
42 menit, 37 detik	7.3348	0.4003	0.4665
41 menit, 26 detik	7,6113	0.3723	0.3687
52 menit, 48 detik	1.545	0.2567	0.2478

Tabel 6.  
Tabel pengujian berdasarkan jarak dan kondisi pencahayaan

Jarak	Kelas	Deteksi	Nilai
9-10 meter	Mobil (siang)	1	0,875
5-6 meter	Mobil (Malam)	1	0,741
9-10 meter	Motor(siang)	1	0,8816
5-6 meter	Motor(malam)	1	0,7151
7-8 meter	Orang(siang)	1	0,71489
5-6 meter	orang(malam)	1	0,42262
5-6 meter	Sepeda(siang)	1	0,6127
1-2 meter	Sepeda(malam)	0	0

data sensor, dan ONT berfungsi sebagai penjebaran antara sensor dan otak. Berikut merupakan gambaran dari cara kerja sistem berdasarkan struktur perangkat keras.

B. Perancangan Program

Perancangan program pada prototipe yang akan dibuat dan akan terimplementasikan pada komputer. Program akan dirancang menggunakan aplikasi Visual Studio Code dan Bahasa yang dipakai diantaranya Json dan python. Untuk diagram alir program ditunjukkan pada Gambar 3. Pada program software akan meliputi proses sebagai berikut :

1. Program untuk menampilkan gambar secara langsung
2. Program optimasi tangkapan gambar pada komputer
3. Program untuk mengolah data gambar dan melatih data untuk mesin pembelajaran.

Program yang telah dibuat akan disimulasikan dengan menggunakan video yang telah direkam dan dapat dijadikan uji coba pengambilan gambar menggunakan kamera termal inframerah. Sumber input data untuk deteksi objek berasal dari cerminan tampilan gambar pada *smartphone* sehingga digunakan aplikasi pendukung untuk dapat memperoleh data. Selain itu dikarenakan kecepatan pengambilan gambar memiliki performa rendah dengan kecepatan pengambilan gambar berkisar 12-15 fps maka perlu alternatif untuk mengoptimalkan tangkapan gambar. Sampai dengan saat ini aplikasi terekam dan memiliki kecepatan penangkapan gambar hingga 21-30 gambar per detik. Aplikasi yang digunakan Bernama "Let's View" dengan lisensi asli android.

Perancangan program mesin pembelajaran dirancang berdasarkan kerangka kerja yang sesuai dengan metode MRCNN pada umumnya. Pada Gambar 4 menunjukkan diagram tingkat tingi kerja MRCNN. Metode MRCNN dimulai dengan memasukkan gambar lalu gambar akan dilakukan fitur ekstraksi dengan konvolusi. Hasil konvolusi menghasilkan fitu petakan dan proses deteksi selanjutnya dengan metode RPN, untuk setiap lokasi melalui proses klasifikasi objek dan regresi kotak pembatas menghasilkan proyeksi proposal bagian. Untuk setiap petakan akan diorientasikan berdasarkan rata rata pengelompokan dan keluaran input berupa prediksi *mask*.

C. Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data menggunakan kamera termal dan *smartphone*. Pengambilan video

dilakukan dengan cara merekam dan bergerak disaat yang bersamaan. Lokasi pengambilan data dibatasi hanya pada daerah Kawasan jalan di ITS. Data yang diperoleh selain merekam adalah indeks ultraviolet matahari pada saat mengambil video pada siang hari dan suhu udara di ITS.

Waktu pengambilan data akan dimungkinkan diantaranya pagi hari, siang menuju sore, dan malam hari. Perbedaan waktu pengambilan gambar dilakukan untuk memberikan data yang akan dijadikan data set untuk data training selanjutnya.

#### D. Pembuatan Dataset

Dataset dipersiapkan untuk menjadi bahan pembelajaran komputer untuk dapat mendeteksi objek yang terbaca oleh kamera. Setelah semua rekam video dipecah dalam tiap frame, Gambar dengan kualitas potongan yang dapat dimengerti mata akan dijadikan sampel untuk dilakukan tahap pengolahan data selanjutnya. Untuk meminimalisasi waktu dalam memproses gambar pada saat proses latihan data, untuk tiap data akan diatur ulang dimensi gambar menjadi  $416 \text{ pixel}^2$  dan  $1024 \text{ pixel}^2$ . Angka tersebut merupakan angka yang optimal untuk menjadi bahan dataset. Untuk memperoleh data objek mobil ataupun motor pada foto/gambar dilakukan pembubuhan keterangan/anotasi untuk tiap gambar yang akan digunakan.

Dataset membutuhkan dua folder yang akan diberi nama training dan val. Folder pertama berisi potongan foto yang jumlahnya lebih banyak dibanding dengan validasi, jumlah disesuaikan dengan data yang dimiliki. Proses anotasi akan menggunakan platform anotasi dan perlu diperhatikan format data yang akan menjadi dasar pembacaan dari program Latihan data. Anotasi foto akan disimpan dalam berkas dengan format VGG.Json (*Visual Geometry Group.Javascript Object Notation*).

Data anotasi disimpan dalam format javascript dengan pengakaran berikut.

1. *Filename*: menandakan nama file gambar yang digunakan.
2. *Size* memberikan ukuran data gambar yang dipilih.
3. *Based\_img\_data*: format gambar.
4. *File Attribute*: format keterangan anotasi.
5. *Region*: Urutan anotasi gambar, dimulai dari angka nol pada gambar yang sama.
6. *All point x dan y*: semua titik anotasi yang digambarkan.
7. *Name*: Jenis garis anotasi (polygon; format garis yang digunakan).
8. *Region Atr*: format label yang akan ditetapkan.

## IV. ANALISIS DAN HASIL

### A. Hasil Pengambilan Data

Pengambilan data dengan kamera termal telah dilakukan, proses pengambilan data dilakukan pada dua waktu yang berbeda (siang dan malam). Pengambilan data dilakukan di Kawasan ITS, Apartemen Puncak Kertajaya dan pada Jl. Kertajaya Indah. Hal yang diamati diantaranya adalah suhu, tingkat kecerahan yang diukur menggunakan indeks UV matahari. Data yang diambil pada siang hari memiliki rentang suhu  $\pm 30^\circ\text{C}$  dengan indeks UV berada pada angka 9 dan 10. Sedangkan malam memiliki rentang suhu  $25^\circ\text{C}$ - $27^\circ\text{C}$  dan indeks uv matahari adalah nol. Indeks UV matahari pada data

siang menandakan bahwa gambar yang diambil dipengaruhi oleh pancaran radiasi matahari. Hal ini menyebabkan pada beberapa data yang diambil mengalami pergeseran gambar disebabkan matahari. Gambar 5 menunjukkan bagaimana efek sinar matahari terhadap kamera termal.

### B. Hasil Training

Dataset yang telah melalui proses *training* akan dijadikan model. Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan grafik hasil *training* dataset menggunakan *platform* Roboflow untuk validasi data yang kita pakai dapat dipakai untuk keperluan deteksi.

Grafik pada Gambar 6 dan Gambar 7 adalah hasil *training dataset* untuk kelas mobil dan motor. Proses ini menggunakan 650 gambar dengan perbandingan 70% untuk training, 20% validasi, dan 10% pengujian.

Tabel 4 adalah jumlah data gambar yang diproses untuk membuat dataset dengan metode MRCNN. Komposisi proses training dan validasi adalah 7:3. Pada tahap ini Proses untuk membuat model kendaraan bermotor dan non-motor dilakukan pemisahan. Hal ini untuk mengurangi kemiripan antara anotasi dari kendaraan motor dan sepeda yang memiliki karakteristik anotasi yang serupa. Sedangkan Tabel 5 adalah hasil uji model metode MRCNN. Proses training menggunakan perangkat laptop penulis dengan spesifikasi GPU Nvidia GTX1650TI dan CPU i5-9300H. Untuk parameter training yang diterapkan untuk *epoch* adalah 30, *step/epoch* 100, dan *threshold confidence* adalah 0,9.

### C. Uji deteksi Objek

Pengujian sistem deteksi dilakukan dengan percobaan menggunakan perangkat keras yang telah dirancang sebelumnya. Dengan menggunakan aplikasi "let'view" untuk mendapatkan rekaman gambar oleh kamera yang terpasang smartphone. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan jarak maksimal objek dapat dideteksi oleh kamera termal dan seberapa akurat hasil dari deteksi tersebut.

Tabel 6 merupakan cuplikan hasil uji deteksi untuk setiap kelas yang ditentukan pada jarak terjauh. Objek berupa mobil dapat dideteksi oleh sistem dengan maksimal jarak adalah 5 meter, untuk kendaraan berupa motor tidak dapat dideteksi oleh sistem dikarenakan suhu motor lebih kecil dari suhu lingkungan dan tidak terlihat jelas oleh kamera, hal ini dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9. Objek sepeda sulit dideteksi pada malam hari, hal ini terlihat pada Gambar 10. Hal ini disebabkan oleh persebaran panas yang dideteksi oleh kamera sangat sempit dan serupa dengan bentuk pada kelas orang. Dilakukan pengujian tambahan untuk kendaraan bermotor dengan kondisi mesin belum dinyalakan dan malam hari dilokasi yang pencahayaan kurang, hal ini dapat dilihat pada Gambar 11.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan: (1) Sistem dapat mendeteksi dan menampilkan hasil deteksi objek mobil, motor, orang, dan sepeda menggunakan program computer vision dengan metode deteksi objek Mask-RCNN dengan arsitektur yang digunakan adalah FPN dan RESNET101. (2) Model yang telah dibuat dan digunakan pada penelitian ini, telah melalui tahapan training dan uji coba melalui program deteksi dan model test

pada aplikasi berbasis web Roboflow dengan nilai presisi 84,8% dan presentase kepercayaan maksimal 80%. Sedangkan pada percobaan M-RCNN memiliki presentase kepercayaan maksimal 90%. (3) Dari hasil pengujian rata-rata kecepatan sistem mendeteksi objek dengan kecepatan 4,5 gambar/detik, dengan kecepatan gambar tersebut kendaraan otonom maksimal melaju dengan kecepatan adalah 16 km/jam untuk dapat mendeteksi objek. (4) Perkiraan jarak maksimal untuk mendeteksi objek pada siang hari sampai dengan 10 meter dan pada malam hari maksimal 5 meter untuk setiap kelas. (5) Sinar matahari dapat mempengaruhi penangkapan gambar termal dimana menimbulkan efek atmosfer pada gelombang inframerah oleh sebab sudut datang sinar dan sudut pantul.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Agafonov dan A. Yumaganov, "3D Objects Detection in an Autonomous Car Driving Problem," *International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT)*, pp. 1–5, 2020. doi: 10.1109/ITNT49337.2020.9253253.
- [2] M. Cho, "A Study on the Obstacle Recognition for Autonomous Driving RC Car Using LiDAR and Thermal Infrared Camera," *Eleventh International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, pp. 544–546, 2019. doi: 10.1109/ICUFN.2019.8806152.
- [3] A. R. Fayjie, S. Hossain, D. Oualid, dan D.-J. Lee, "Driverless Car: Autonomous Driving Using Deep Reinforcement Learning in Urban Environment," *15th International Conference on Ubiquitous Robots (UR)*, pp. 896–901, 2018. doi: 10.1109/URAI.2018.8441797.
- [4] A. N. Irfansyah, T. Asfihani, "Pengembangan Platform Komputasi Kecerdasan Artifisial pada Mobil Otonom ITS," Laporan Akhir Penelitian Unggulan Dana ITS 2020, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [5] A. Sari dan M. Cibooglu, "Traffic Sign Detection and Recognition System for Autonomous RC Cars," *6th International Conference on Control Engineering & Information Technology (CEIT)*, Istanbul, Turkey, pp. 1–5, 2018. doi: 10.1109/CEIT.2018.8751898.
- [6] A. Shahbaz, J. Hariyono, dan K.-H. Jo, "Evaluation of background subtraction algorithms for video surveillance," *21st Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV)*, pp. 1–4, 2015. doi: 10.1109/FCV.2015.7103699.
- [7] K. He, G. Gkioxari, P. Dollár, dan R. Girshick, "Mask R-CNN," arXiv, vol. 1703.06870, 2018. doi: 10.48550/arXiv.1703.06870.
- [8] L. Liu, dkk, "Deep learning for generic object detection: a survey," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 128, no. 2, pp. 261–318, 2020. doi: 10.1007/s11263-019-01247-4.
- [9] C. D. Urra, "Penentuan nilai emisivitas warna menggunakan penerangan pada miniatur ruang berbentuk kubus," *Silampari J. Pendidik. Ilmu Fis.*, vol. 2, no. 1, pp. 77–82, 2020. doi: 10.31540/sjpif.v2i1.1022.