

# Kendali Kemudi Dengan Memindai Area Jalan Berbasis Kamera Termal

1<sup>st</sup> Sebastian Edward Siburian  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

[sebastiansiburian@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:sebastiansiburian@student.telkomuniversity.ac.id)

2<sup>nd</sup> Fiky Y. Suratman.  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

[fysuratman@telkomuniversity.ac.id](mailto:fysuratman@telkomuniversity.ac.id)

3<sup>rd</sup> Arief Suryadi Satyawan  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

Verified email at [brin.go.id](mailto:brin.go.id)

**Abstrak** — Perkembangan teknologi telah mengalami kemajuan yang sangat signifikan khususnya di bidang kecerdasan buatan, termasuk perkembangan di bidang kendaraan listrik otonom untuk efisiensi penggunaan sumber energi ramah lingkungan. Mengaktifkan mobilitas otonom memerlukan teknologi yang memungkinkan kendaraan mendeteksi objek di sekitarnya, termasuk pengenalan objek menggunakan segmentasi semantik.

Dalam penelitian ini digunakan sistem segmentasi objek untuk pengenalan jalan, dan sistem dibangun menggunakan metode segmentasi berbasis deep learning. Informasi gambar diperoleh dari kamera termal FLIR. Metode segmentasi yang digunakan dalam perancangan Capstone ini adalah arsitektur jaringan yang tersisa (ResNet 18, ResNet 34, ResNet 50, ResNet 101, ResNet 152 dan ResNext 50). Hasil segmentasi kemudian digunakan untuk mengembangkan metode pengendalian kemudi dengan menganalisis area jalan yang tersegmentasi. Hasil analisis berupa sinyal rekomendasi arah kendali kemudi yang dikirimkan ke sistem kendali kemudi kendaraan roda tiga listrik.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa metode segmentasi ResNet 50 cocok digunakan pada sistem kendali terarah karena prosesnya baik dan memiliki latensi yang rendah sehingga proses kendali terarah dapat dilakukan secara real time.

**Kata kunci** : Convolutional Neural Network (CNN), Deep Learning, Image Processing, Residual Network, Segmentasi Semantik, Thermal FLIR.

## I. PENDAHULUAN

Pesatnya kemajuan teknologi informasi dan komunikasi telah memungkinkan penerapannya di berbagai bidang kehidupan dan berkontribusi besar terhadap datangnya era Industri 4.0. Di banyak negara, banyak teknologi yang dikembangkan, terutama di bidang ilmu pengetahuan dan sistem komunikasi, seperti mobil listrik otonom yang beroperasi tanpa campur tangan manusia. Kendaraan ini berpotensi meminimalisir kesalahan manusia dalam berkendara dan memudahkan orang dewasa maupun anak-anak berkeliling tanpa perlu mengemudi manual. Mobil listrik self-driving membutuhkan sistem yang dapat mengenali dan membedakan objek. Oleh karena itu, sensor kamera termal digunakan bersama dengan teknik segmentasi berbasis pembelajaran mendalam yang dilatih pada kumpulan data yang diperlukan. Di antara berbagai metode yang digunakan dalam sistem kendaraan listrik otonom, segmentasi jalan berbasis pembelajaran mendalam telah menarik banyak perhatian. Pendekatan ini memindai rute yang diambil oleh kendaraan listrik untuk memastikan bahwa kendaraan listrik tersebut secara konsisten mengikuti jalur tersebut. Penelitian tesis ini bertujuan untuk mengembangkan metode segmentasi jalan untuk lingkungan terbatas dengan menggunakan sensor kamera termal FLIR ADK. Tujuan dari segmentasi jalan adalah

untuk mengidentifikasi jalan raya, yang kemudian akan digunakan secara otomatis oleh sistem kontrol kemudi. Metode segmentasi akan menggabungkan enam model segmentasi berbasis pembelajaran mendalam. Dengan menerapkan pendekatan ini, diharapkan sistem autopilot untuk kendaraan listrik otonom dapat diproduksi secara efektif dalam lingkungan yang disederhanakan.

## II. KAJIAN TEORI

### A. FLIR Automotive Development Kit (ADK)

FLIR ADK merupakan kamera thermal infra merah dengan teknologi sensor terbaik untuk menangkap gambar terutama pada kondisi minim cahaya. Kamera FLIR ADK menyediakan gambar air tereka panjang (lwir) beresolusi 640 x 512 piksel dengan panjang gelombang radiasi termal dari 8 hingga 14 um dan dihasilkan sebagai gambar monokrom 8-bit atau 16-bit. Kamera pencitraan termal FLIR membantu pengemudi melihat melampaui sinar matahari yang terik, siang atau malam, menembus sebagian besar kabut, asap dan kabut, serta silau lampu depan. FLIR ADK dapat digunakan dengan berbagai metode komunikasi termasuk USB, Ethernet untuk komunikasi, streaming video, dan sinkronisasi perangkat keras. FLIR ADK adalah solusi hemat biaya untuk mengembangkan visi termal otomotif generasi berikutnya untuk sistem bantuan pengemudi tingkat lanjut (ADAS) dan kendaraan otomatis (AV). Housing ADK kokoh dan bersertifikat IP67 untuk penggunaan segala cuaca. Dengan GMSL dan USB, pemasangannya mudah, cukup colok dan mainkan.



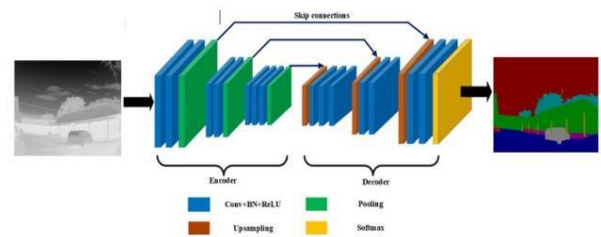
GAMBAR 1  
Kamera Termal FLIR ADK

### B. Python

Python adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat aplikasi, perintah komputer, dan melakukan analisis data. Sebagai bahasa tujuan umum, Python dapat digunakan untuk menulis program apa pun dan menyelesaikan berbagai masalah. Selain itu, Python dinilai mudah dipelajari dan juga dapat digunakan di berbagai sistem operasi seperti Windows, MacOS, dan Linux. Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi untuk segala hal mulai dari pengembang back-end hingga posisi TI dan ilmuwan data.



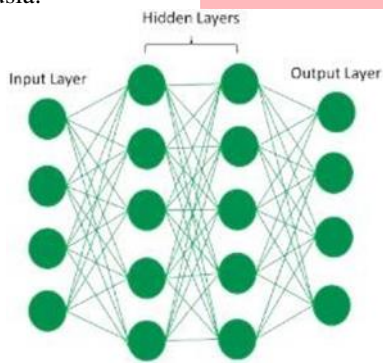
GAMBAR 2  
Logo Python



GAMBAR 4  
Arsitektur Fully Convolutional Network

### C. Deep Learning

Pembelajaran mendalam merupakan salah satu cabang pembelajaran mesin yang bertujuan untuk melatih komputer memahami dan memproses data menggunakan jaringan syaraf tiruan atau jaringan syaraf tiruan yang terinspirasi dari otak manusia. Tujuan utama pembelajaran mendalam adalah memungkinkan komputer belajar dari data yang diberikan, memungkinkan komputer mengambil keputusan, mengenali pola, dan melakukan tugas kompleks tanpa perlu menetapkan agenda manusia.



GAMBAR 3  
deep learning

### D. Fully Convolutional Network (FCN)

Fully Convolutional Network (FCN) adalah CNN tanpa koneksi lengkap (*fully connected*) dan merupakan ekstraksi fitur dengan segmentasi semantic. Proses ini menggunakan FCN. Pendekatan ini bekerja dengan mengadaptasi dan memodifikasi model deteksi CNN agar sesuai untuk digunakan dalam proses segmentasi. Tantangan saat memodifikasi model pengenalan adalah untuk menghasilkan output dalam ID (hanya satu probabilitas per label), sedangkan model segmentasi menghasilkan output 3D (satu variable acak per piksel). Model "fully convolutional" dapat dibangun di atas arsitektur CNN untuk menghasilkan output dalam 3D. Hasil akhir dari metode FCN menghasilkan resolusi keluaran yang sama dengan resolusi foto input, kerangka kerja Fully Convolutional Network (FCN) untuk deteksi objek, untuk forward pass gambar proses adalah input dari FCN, dan diprediksi berdasarkan piksel.

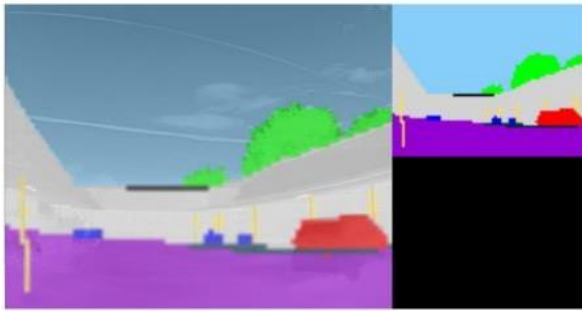
### E. Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan salah satu teknik evaluasi segmentasi semantik yang mengkaji seberapa baik sistem yang dibuat dapat mengklasifikasikan data. Dalam matriks konfusi, empat term berupa true positif (TP), true negative (TN), false positive (FP), dan false negative (FN) dapat mewakili hasil perbandingan klasifikasi sistem dengan klasifikasi sebenarnya yang diketahui. True Positive (TP) adalah kumpulan data yang memiliki nilai positif dan diprediksi positif dengan tepat. Misalnya, kebenaran mobil atau mobil prediksi. True Negative (TN) adalah banyaknya data yang bernilai negatif dan diprediksi negatif. Misalnya, Ground Truth yang diprediksi bukan mobil dan bukan mobil. Positif palsu (FP) adalah banyaknya data yang bernilai negatif namun diprediksi bernilai positif. Misalnya, Ground Truth bukanlah sebuah mobil, tetapi diprediksi akan menjadi sebuah mobil. False Negative (FN) merupakan kumpulan data yang bernilai positif dan diprediksi bernilai negatif. Misalnya, kebenaran dasarnya adalah untuk sebuah mobil, tetapi diprediksi bukan untuk sebuah mobil.

### F. Segmentasi Semantik

Segmentasi semantik adalah proses memahami suatu gambar pada tingkat piksel dengan mendisambiguasi setiap piksel suatu gambar sebagai label kelas. Nama kelas yang dimaksud adalah kelas benda seperti bangunan, pohon, sepeda motor, mobil, pejalan kaki, jalan, tiang listrik, pembatas jalan, dan lain-lain. Segmentasi semantik tidak hanya perlu mendeteksi dan membedakan pengemudi dan sepeda, tetapi juga mengenali batasan objek yang terdeteksi. Oleh karena itu, diperlukan prediksi yang padat untuk setiap piksel. Segmentasi adalah model yang digunakan untuk memisahkan gambar yang diinginkan (latar depan) dari gambar yang tidak diinginkan (latar belakang). Tujuan dari segmentasi sendiri adalah untuk menyederhanakan representasi gambar, sehingga lebih bermakna dan mudah dianalisis. Metode segmentasi yang paling sederhana disebut ambang batas dan didasarkan pada perubahan intensitas.

warna antara piksel objek dan piksel latar belakang untuk membedakan antara latar depan dan latar belakang.



GAMBAR 5 Hasil Segmentasi Semantik

G. NVIDIA Jetson AGX Xavier

NVIDIA AGX Jetson Xavier Developer Kit adalah kit pengembangan AI yang dapat digunakan untuk menjalankan berbagai kebutuhan AI modern dengan kinerja luar biasa. Dengan NVIDIA Jetson AGX Xavier, pengembang dapat menjalankan *framework* dan model AI untuk aplikasi pengenalan gambar, pengenalan objek, segmentasi, pengenalan suara, dan banyak lagi. Bentuk fisik NVIDIA Jetson AGX Xavier dapat dilihat gambar dibawah



GAMBAR 6 NVIDIA Jetson AGX Xavier

H. PyTorch

Pytorch adalah kerangka pembelajaran mendalam sumber terbuka yang dikembangkan oleh Facebook dan digunakan untuk mengembangkan dan melatih jaringan saraf. PyTorch didasarkan pada bahasa Python dan memiliki banyak kesamaan dengan TensorFlow. Dengan menggunakan fitur *hosting-expedited*, Anda dapat mengintegrasikan proses desain. PyTorch memiliki kelebihan dan ideal untuk pengembangan proyek yang cepat dan memakan waktu. TensorFlow, di sisi lain, adalah platform untuk mengelola proyek besar dan alur kerja yang kompleks.

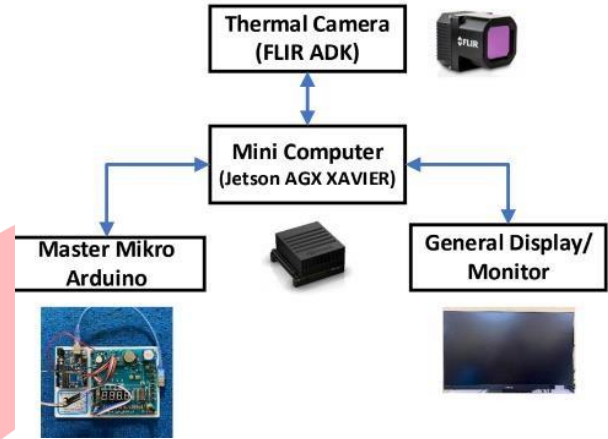
III. METODE

A. Desain Alat

Desain segmentasi objek di lingkungan terbatas menggunakan 6 model segmetasi berbasis Arsitektur FCN ReNet 18, ResNet 34, ResNet 50, ResNet 101, ResNet 152 dan ResNext 50 dengan menggunakan gambar termal yang diambil menggunakan kamera *thermal* FLIR ADK terdiri dari dua bagian utama yaitu desain konstruksi *hardware* dan juga *software*. Pada gambar dibawah ini diperlihatkan konstruksi *hardware* untuk membangun sistem pendeteksian objek sesuai klasifikasinya. Konstruksi *hardware* ini terdiri dari kamera *thermal* FLIR, jetson AGX Xavier. Modul *display*, dan *Mikro*

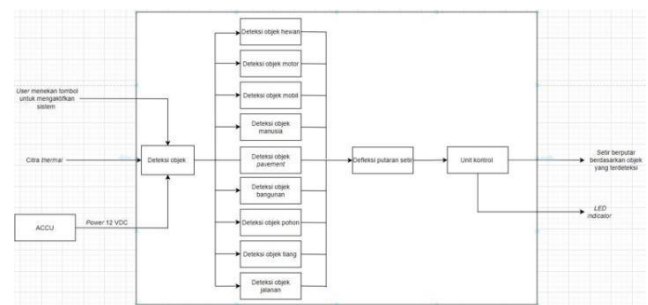
*Arduino* atau Kendali Kemudi Elektronik.

Kamera *thermal* FLIR berfungsi untuk mengambil sumber gambar berupa informasi objek sesuai klasifikasinya di lingkungan terbatas. Sedangkan jetson AGX Xavier berfungsi untuk memproses gambar *thermal* FLIR, pengujian *software* yang telah di *training* secara *offline* dan mengirim data ke *hardware* Master Mikro *Arduino* berfungsi untuk menampilkan rekomendasi kemudi yang dikirimkan dari komputer mini berupa presentasi rekomendasi kemudi. Konstruksi *Hardware* dapat dilihat pada gambar dibawah.



GAMBAR 7 Konstruksi Hardware

B. Diagram Blok Sistem

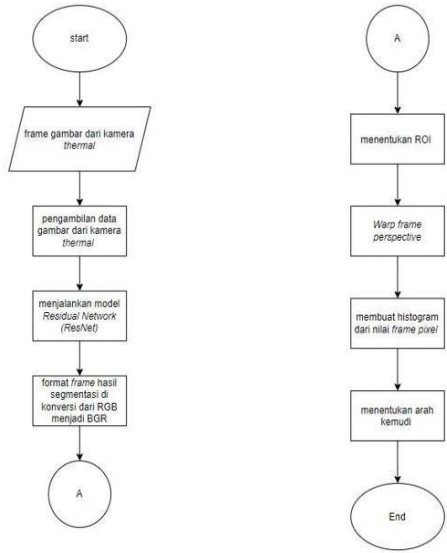


GAMBAR 8 Diagram Blok Sistem

Diagram blok diatas menjelaskan proses pendeteksian objek yang dilakukan, setelah objek terdeteksi maka unit kendali beroperasi untuk mengontrol arah putaran kemudi sesuai dengan objek yang ditemukan, dan apabila objek tidak ditemukan maka dilakukan penanganan. . . . Unit memproses sinyal roda kemudi berdasarkan posisi jalan yang dibutuhkan.

C. Flowchart





GAMBAR 9 Flowchart

Gambar 9 merupakan diagram alir sistem dengan mentransfer frame gambar dari kamera thermal, kemudian menjalankan proses Residual Network Model (ResNet) dengan mengkonversi hasil segmentasi dari format frame dari RGB ke BGR mengkonversi nilai HSV frame tersebut. Setelah segmentasi, proses penentuan region of interest (ROI) mengolah seluruh piksel gambar tanpa variasi, mengoreksi hasil gambar menggunakan algoritma distorsi. Hasil kalibrasi membuat histogram nilai bingkai piksel, kemudian operator menentukan arah kemudi berdasarkan objek atau lokasi jalan yang terdeteksi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil Langkah ini menjelaskan komponen analitis sistem identifikasi kendaraan listrik otonom menggunakan model segmentasi. Metode yang digunakan adalah model arsitektur FCN dan Residual Network (ResNet), dan pengujian offline dilakukan menggunakan 100 gambar thermal.

TABEL 1. Tahapan Pengujian

No	Tahap Pengujian	Tujuan
1	Pengujian Offline	Pengujian <i>offline</i> dengan model arsitektur FCN ResNet 18, ResNet 34, ResNet 50,
2	Pemrosesan Sistem	Melakukan pengujian untuk menentukan ROI, rekomendasi arah kemudi, <i>wrapping images</i> , perubahan nilai HSV dan membuat histogram
3	Perhitungan Confusion Matrix	Melakukan perhitungan <i>Confusion Matrix</i> dengan menggunakan 100 gambar pada tiap-tiap model segmnetasi

Penelitian ini menguji enam arsitektur Residual Network (ResNet) untuk melakukan segmentasi objek di sekitar ruas jalan. Pengujian ini didasarkan pada keakuratan gambar, kebenaran dasar, dan klasifikasi dalam gambar uji. Objek yang difoto dengan kamera pencitraan termal diidentifikasi berdasarkan informasi warna berdasarkan gambar uji warna pada Tabel 1 untuk setiap objek.

TABEL 2. Data Klasifikasi Objek Pada ResNet

No	Objek	Warna <i>Testing Gambar</i>	Warna <i>Ground Truth</i>
1	<b>Road</b>	Ungu	Ungu
2	<b>Tree</b>	Hijau	Abu-abu
3	<b>Motorcycle</b>	Biru Tua	Hijau
4	<b>Car</b>	Merah	Merah
5	<b>Pedestrian</b>	Coklat	Coklat

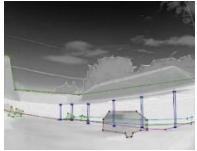
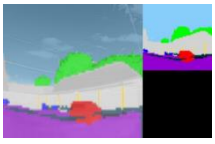
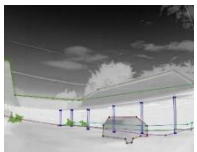

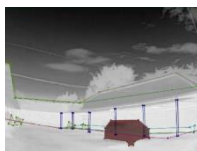



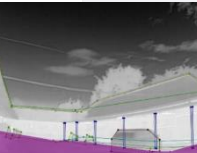

Tabel 2 menampilkan objek, warna setiap objek pengujian, dan Ground state setiap objek hasil pelatihan model arsitektur ResNet. Kebenaran dasar mengacu pada kumpulan data yang diberi label atau diindeks secara manual, sedangkan segmen prediksi adalah hasil segmentasi dari setiap objek yang disegmentasi.

B. Hasil Pengujian

Pengujian offline dilakukan menggunakan Jetson AGX Xavier untuk mengolah hasil data pelatihan yang dihasilkan berdasarkan model segmentasi. Tes-tes ini dikelompokkan ke dalam setiap kategori dengan hasil yang spesifik. Tes offline dilakukan dengan 100 gambar uji..

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dipelajari pengendalian otomatis motor listrik (KLO) berdasarkan model klasifikasi dan digunakan untuk aplikasi motor listrik di masa depan. Hasil berikut diperoleh. Pengendalian kendaraan listrik otonom didasarkan pada model segmentasi yang menggunakan pembelajaran mesin dan teknologi visi komputer untuk memungkinkan kendaraan mengenali dan memahami lingkungan sekitarnya secara real time. Model segmentasi ini membagi citra yang diciptakan oleh musik menjadi beberapa bagian. Pemahaman yang lebih baik terhadap lingkungan memungkinkan mobil listrik berkendara dengan lebih aman.

NO	KLASIFIKASI	GROUND TRUTH	PREDICTION
1	TREE		
2	MOTOR		
3	CAR		
4	PEDESTRIAN	 Catatan : Tidak terdapat data <i>Pedestrian</i> atau pejalan kaki, maka <i>Pedestrian</i> tidak terdeteksi.	 Catatan : Tidak terdapat data <i>Pedestrian</i> atau pejalan kaki, maka <i>Pedestrian</i> tidak terdeteksi.
5	ROAD		

REFERENSI

[1] Waymo, <https://id.wikipedia.org/wiki/Waymo>, 21 June 2021.

[2] Badan Pusat Statistik, “Jumlah Kecelakaan, Korban Mati, Luka Berat, Luka Ringan, dan Kerugian Materi 2019-2021,” [bps.go.id/indicator/17/513/1/jumlah-kecelakaankorban-mati-luka-berat-luka-ringan-dan-kerugian-materi.html](https://bps.go.id/indicator/17/513/1/jumlah-kecelakaankorban-mati-luka-berat-luka-ringan-dan-kerugian-materi.html)

[3] <https://www.iihs.org/ratings> 13 July 2023

[4] Tesla, [https://id.wikipedia.org/wiki/Tesla,\\_Inc.](https://id.wikipedia.org/wiki/Tesla,_Inc.), 21 June 2021.

[5] Flir, <https://www.flir.eu/discover/instruments/firefighting>, 1 January 2023