

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini menunjukkan bahwa kendaraan masa depan akan mengarah pada kendaraan otonom (Jain dkk., 2023). Hal ini dapat dilihat dari pengembangan yang selama ini sudah banyak dilakukan oleh kalangan akademisi di universitas maupun di industri (Tampuu dkk., 2022). Pada periode tahun 1990, pengembangan kendaraan jenis ini telah di pelopori oleh Thorpe dan kawan-kawan yang mengembangkan platform kendaraan yang diberi nama Navlab, *ARGO* kendaraan otonom yang dikembangkan oleh Broggi dan kawan-kawan dari universitas Pavia dan universitas Parma, serta Gregor dan kawan-kawan dari Universitas *Universität Der Bundeswehr München* yang mengembangkan VaMorRs dan VaMP (Badue dkk., 2021). Pengembangan ini terus berlanjut hingga saat ini seperti yang dilakukan oleh Uber, Baidu, Waymo, Audi, Tesla, dan perusahaan-perusahaan besar lainnya (L. Liu dkk., 2021). Kebanyakan dari pengembangan kendaraan otonom saat ini, menggunakan kendaraan listrik sebagai platform dasarnya karena menawarkan solusi yang lebih aman, ramah lingkungan, dan efektif untuk memenuhi kebutuhan transportasi (Ajao, 2023).

Di Indonesia pengembangan kendaraan listrik otonom juga mulai dilakukan baik oleh beberapa universitas maupun lembaga riset diantaranya Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) pada beberapa tahun terakhir. Hal ini bertujuan untuk dapat menguasai teknologi kendaraan listrik otonom sehingga dapat berkembangnya industri kendaraan listrik otonom di Indonesia. BRIN saat ini mengembangkan kendaraan listrik otonom sederhana yang diharapkan dapat diaplikasikan pada area terbatas seperti kebun raya, perkantoran, bandara, kampus, atau area terbatas lainnya. Kendaraan listrik otonom yang akan dikembangkan BRIN akan diperuntukan untuk keperluan pada kondisi medan sederhana hingga dengan kompleksitas yang tinggi. Beberapa capaian yang telah diperoleh oleh BRIN terkait dengan kendaraan otonom adalah sistem deteksi pejalan kaki berbasis *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dan *Support Vector Machine* (SVM) menggunakan kamera (Satyawati dkk., 2021), perancangan kendali stabilitas kemudi menggunakan algoritma *Proporsional-Integral-Derivative* (PID) pada

Kendaraan Listrik Otonom Tiga Roda (Lajuardhie dkk., 2022), dan penggunaan infrastruktur telekomunikasi berbasis *WiFi-AC* pada kendaraan otonom (Nurkahfi dkk., 2021). Namun demikian, pengembangan sistem pendeteksian objek berbasis LIDAR masih menjadi tantangan yang perlu dikembangkan lebih lanjut khususnya dalam memahami jenis-jenis objek dengan baik. Sehingga, perlu diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai sistem pendeteksian dan pengklasifikasian objek. Dengan kondisi tersebut, level otonom yang diberikan baru mencapai level 3 dimana memiliki kemampuan deteksi dan keamanan dalam bentuk pengereman otomatis berbasis deteksi objek dengan LIDAR namun masih membutuhkan pengemudi untuk menjalankan kendaraan.

Kendaraan listrik otonom dihadapkan pada tantangan besar dalam meniru kemampuan manusia untuk mengamati lingkungan jalan (Plebe dkk., 2024). Kemampuan ini krusial dalam melakukan navigasi jalan dengan aman, termasuk mendeteksi objek yang menghalangi lajur dan mengambil keputusan yang tepat untuk menghindari benturan (Sana dkk., 2023). Pengembangan sistem sensor dan komputasi yang canggih menjadi kunci untuk membangun kendaraan otonom yang mampu melihat dan berpikir layaknya pengemudi manusia. Berbagai sistem sensor telah dikembangkan untuk keperluan tersebut diantaranya, (LIDAR), *Radio Detection and Ranging* (RADAR), kamera, *Global Positioning System* (GPS), *Inertial Measurement Unit* (IMU), odometer, dan lain-lain (Paden dkk., 2016). Hingga saat ini, BRIN telah mengembangkan penggunaan LIDAR sebagai sensor untuk melakukan lokalisasi dengan menggunakan metode *Adaptive Clustering* (Z. Yan dkk., 2020). Metode ini secara langsung melokalisasi sekumpulan titik-titik *point cloud* dan menganggap sebagai sebuah objek tanpa mengklasifikasikan. Metode ini cukup efektif dalam memberikan informasi tentang objek di sekitar kendaraan (Z. Yan dkk., 2020), yang dapat digunakan untuk melakukan pengereman secara tepat guna dan menghindari tabrakan dengan objek di depan pada jarak tertentu. Meskipun metode ini memiliki kemampuan untuk membantu pengereman secara *real-time*, namun metode ini memiliki keterbatasan untuk mendeskripsikan jenis-jenis objek yang berada di depan dan sekitar kendaraan. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan metode tersebut yang belum bisa melakukan klasifikasi terhadap jenis objek yang terdeteksi (Z. Yan dkk., 2020). Akibatnya,

informasi yang disediakan tidak cukup untuk kendaraan listrik otonom dalam membangun keputusan. Adapun salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah dengan menggunakan metode *Deep Neural Network* seperti *PointPillars* (Lang dkk., 2019). Metode *PointPillars* memiliki kelebihan pada efisiensi waktu dan tidak memerlukan sumber komputasi yang besar dibandingkan dengan metode SECOND (Y. Yan dkk, 2018) yang menggunakan konvolusi 3D untuk melakukan pemrosesan deteksi dan klasifikasinya. Dalam penelitiannya, disebutkan bahwa *PointPillars* adalah metode *deep neural network* yang digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasi objek tiga dimensi menggunakan *layer* konvolusional dua dimensi (Lang dkk., 2019). *PointPillars* dapat mendeteksi objek dalam beberapa puluh milidetik hingga beberapa ratus milidetik per frame. Pada GPU modern seperti NVIDIA RTX 3050 atau lebih baru, waktu deteksi biasanya berada di kisaran 20-50 ms per frame. Pengembangan *PointPillars* saat ini menggunakan dataset publik seperti KITTI (Geiger dkk., 2012, 2013), Waymo (Sun dkk., 2020), dan nu Scenes (Caesar dkk., 2020). Dataset tersebut menyediakan berbagai objek klasifikasi, namun tidak semua objek yang dibutuhkan untuk kendaraan listrik otonom BRIN tersedia, terutama objek di lingkungan terbatas. Karakteristik objek di lingkungan terbatas berbeda-beda, seperti keberadaan manusia (pejalan kaki dan penyebrang jalan), dinding atau bangunan dekat tepi jalan, sepeda motor, dan mobil. Hal ini menjadi tantangan dalam penerapan *PointPillars* pada kendaraan listrik otonom BRIN. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan model *PointPillars* agar dapat beradaptasi dengan kondisi objek di lingkungan terbatas yang sesuai.

Berdasarkan beberapa permasalahan yang telah dijelaskan, maka masalah utama yang teridentifikasi adalah keterbatasan sistem pendeteksian objek berbasis LIDAR dalam mengklasifikasikan objek di sekitarnya yang menghambat pengambilan keputusan optimal pada kendaraan listrik otonom BRIN. Penelitian ini bertujuan mengatasi masalah tersebut dengan mengimplementasikan metode *PointPillars* untuk meningkatkan kemampuan deteksi dan klasifikasi objek. Dengan metode ini diharapkan akan menghasilkan sistem deteksi objek yang lebih adaptif dan komprehensif, serta dapat mendukung kemajuan teknologi kendaraan listrik otonom di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan dalam beberapa point berikut ini:

1. Bagaimana membangun model untuk deteksi dan klasifikasi objek (*human, wall, car, cyclist, cart dan tree*) menggunakan dataset lingkungan terbatas BRIN dengan metode *PointPillars*?
2. Bagaimana hasil akurasi dari model deteksi dan klasifikasi objek (*human, wall, car, cyclist, cart dan tree*) menggunakan dataset lingkungan terbatas BRIN dengan metode *PointPillars*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian, tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengembangkan model deteksi dan klasifikasi objek (*human, wall, car, cyclist, cart dan tree*) menggunakan dataset lingkungan terbatas BRIN dengan metode *PointPillars*.
2. Melakukan pengujian metrik kinerja model *PointPillars* dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek (*human, wall, car, cyclist, cart dan tree*) menggunakan dataset lingkungan terbatas BRIN, berupa akurasi, presisi, *recall*, *f1-score*, dan mAP.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan sistem deteksi dan klasifikasi objek berbasis data LIDAR dengan metode *PointPillars* ini akan bermanfaat bagi pengembangan kendaraan listrik otonom BRIN karena menggunakan dataset yang relevan terhadap lingkungan terbatas, dalam hal ini jalanan di sekitar BRIN.
2. Penelitian ini bermanfaat untuk penguasaan teknologi pemrosesan data LIDAR untuk deteksi dan klasifikasi objek.
3. Memutakhirkan sistem lokalisasi dan pemetaan berbasis LIDAR yang sebelumnya telah dikembangkan oleh BRIN dengan menambah informasi jenis objek.

4. Hasil penelitian ini dapat diterapkan pada pengembangan sistem lain yang membutuhkan deteksi dan klasifikasi objek pada dataset lingkungan terbatas.

1.5 Batasan Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

1. Metode deteksi objek yang digunakan adalah metode *PointPillars*.
2. Dataset yang digunakan diperoleh di lingkungan terbatas BRIN KST Samaun Samadikun Bandung.
3. Dataset diperoleh menggunakan sensor LIDAR *Velodyne VLP-16*.
4. Objek yang akan dideteksi adalah *human, wall, car, cyclist, tree, dan cart*. Keenam objek ini adalah yang sering muncul dalam sejumlah pengamatan.
5. Kinerja diukur berdasarkan klasifikasi objek dengan pendekatan *Average Precision* dan tabel visualisasi *Confusion Matrix*.
6. Enam objek yang dideteksi berada diatas tanah, dan kondisi tanah bukan bagian dari penelitian.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi penulisan skripsi ini terbagi dalam lima bagian sebagai berikut :

1. BAB I Pendahuluan berisi bab perkenalan yang didalamnya memaparkan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan struktur organisasi skripsi, yang terkait dengan pengembangan sistem deteksi dan klasifikasi objek berbasis LIDAR dengan metode *deep learning PointPillars* untuk aplikasi kendaraan listrik otonom pada lingkungan terbatas.
2. BAB II Kajian Pustaka berisi teori-teori yang didapat dari literatur terkait dengan sistem deteksi dan klasifikasi objek berbasis LIDAR dengan metode *deep learning PointPillars* untuk aplikasi kendaraan listrik otonom pada lingkungan terbatas. Melalui kajian pustaka ditunjukkan perkembangan termutakhir dalam dunia keilmuan atau sering disebut dengan *state of the art* dari teori terkait yang sedang dikaji.

3. BAB III Metode Penelitian merupakan bagian yang bersifat prosedural, yakni bagian yang mengarahkan pembaca untuk mengetahui bagaimana sistem deteksi dan klasifikasi objek berbasis LIDAR dengan metode *deep learning PointPillars* untuk aplikasi kendaraan listrik otonom pada lingkungan terbatas dari mulai pendekatan penelitian yang diterapkan, instrumen yang digunakan, tahapan pengumpulan data yang dilakukan, hingga langkah-langkah analisis data yang dijalankan.
4. BAB IV temuan dan pembahasan menyampaikan dua hal utama, yakni temuan penelitian berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data dengan berbagai kemungkinan bentuknya sesuai dengan urutan rumusan permasalahan penelitian, dan pembahasan temuan penelitian untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya terkait dengan sistem deteksi dan klasifikasi objek berbasis LIDAR dengan metode *deep learning PointPillars* untuk aplikasi kendaraan listrik otonom pada lingkungan terbatas.
5. BAB V Penutup berisi simpulan, implikasi, dan rekomendasi, yang menyajikan penafsiran dan pemaknaan peneliti terhadap hasil analisis temuan penelitian sekaligus mengajukan hal-hal penting yang dapat dimanfaatkan dari hasil penelitian sistem deteksi dan klasifikasi objek berbasis LIDAR dengan metode *deep learning PointPillars* untuk aplikasi kendaraan listrik otonom pada lingkungan terbatas.