



Kajian Autonomous Car Untuk Mengatasi Kemacetan Dan Kecelakaan Lalu Lintas Di Jakarta

Hairudin¹⁾; Muhammad Samsul Arip²⁾; Mia Kusmiati³⁾; Ika Rachmawati⁴⁾; dan Taswanda Taryo⁵⁾

^{1,2,3,4,5}Program Pascasarjana Universitas Pamulang

¹hairudin.smkadiluhur@gmail.com; ²msamsularip@gmail.com; ³kusmiati.mia1991@gmail.com;

⁴ika.rachmawati7386@gmail.com; ⁵otantaryo@gmail.com

Abstract

Along with the increasing number of cars and considering the number of accidents that occur in Indonesia, it is certainly not easy to reduce them, because the accidents that occur have several factors, including driver negligence of traffic order, problematic vehicles, or other factors. With such a large number of accidents, there should be efforts to reduce it, one example is the Autonomous Car. Autonomous car is one of the Autonomous Agent which is a system located in and part of the environment that senses the environment and acts on it, from time to time. acts on it, from time to time, in its own activities so as to influence what it perceives next. Haar-Cascade Classifier or often referred to as Haar-Like Feature is very commonly used for face detection. The research methodology used in this research is a literature study or literature research that contains theories that are relevant to the research problem. The role of the government is needed in realizing the use of autonomous cars, such as changes in traffic-related laws. The application of AI algorithms can be used to adjust traffic and weather conditions, and optimize transportation schedules. This will increase the efficiency of the transportation system and help in reducing environmental impact. However, keep in mind that the application of AI in transportation systems must also be done wisely and pay attention to security and privacy aspects

Keyword: Autonomous car, artificial intelligence, Haar-Cascade Classifier, face detection, algoritma

Abstrak

Seiring dengan bertambahnya jumlah mobil yang ada dan mengingat banyaknya angka kecelakaan yang terjadi di Indonesia, maka tentu tidaklah mudah untuk menguranginya, karena kecelakaan yang terjadi memiliki beberapa faktor, yang diantaranya ada kelalaian pengemudi atas ketertiban lalu lintas, kendaraan yang bermasalah, ataupun faktor-faktor lainnya. Dengan angka kecelakaan sebesar itu, maka seharusnya sudah ada upaya untuk menguranginya, salah satu contohnya adalah Autonomous Car. (Fachrurazi, 2020). Autonomous car merupakan salah satu dari Autonomous Agent yang merupakan system yang terletak di dalam dan bagian dari lingkungan yang merasakan lingkungan itu dan bertindak di atasnya, dari waktu ke waktu, dalam kegiatan sendiri sehingga dapat mempengaruhi apa yang dia rasakan berikutnya (Franklin & Graesser, 1996). Haar-Cascade Classifier atau yang sering disebut juga dengan Haar-Like Feature sangat umum digunakan untuk pendeteksian wajah atau yang dikenal sebagai face detection. Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur atau penelitian kepustakaan yang berisi teori-teori yang relevan dengan masalah penelitian. Peran pemerintah sangat dibutuhkan dalam mewujudkan penggunaan autonomous car ini seperti adanya perubahan peraturan Undang-Undang terkait

lalu lintas. Penerapan algoritma AI dapat digunakan untuk menyesuaikan kondisi lalu lintas dan cuaca, serta mengoptimalkan jadwal transportasi. Hal ini akan meningkatkan efisiensi dari sistem transportasi dan membantu dalam mengurangi dampak lingkungan. Namun, perlu diingat bahwa penerapan AI dalam sistem transportasi juga harus dilakukan dengan bijak dan memperhatikan aspek-aspek keamanan dan privasi

Kata kunci: Autonomous car, artificial intelligence, Haar-Cascade Classifier, face detection, , algoritma

PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya jumlah mobil yang ada dan mengingat banyaknya angka kecelakaan yang terjadi di Indonesia, maka tentu tidaklah mudah untuk menguranginya, karena kecelakaan yang terjadi memiliki beberapa faktor, yang diantaranya ada kelalaian pengemudi atas ketertiban lalu lintas, kendaraan yang bermasalah, ataupun faktor-faktor lainnya. Dengan angka kecelakaan sebesar itu, maka seharusnya sudah ada upaya untuk menguranginya, salah satu contohnya adalah *Autonomous Car*. *Autonomous Car* merupakan mobil yang dapat berjalan atau bergerak secara otomatis sesuai dengan yang diperintahkan oleh pemilik mobil, dengan begitu pemilik mobil bisa lebih merasa nyaman dan tenang saat berada di dalam mobil. (Fachrurazi,2020)

Menurut artikel dari Indonesia.id, Sistem transportasi saat ini sedang mengalami perkembangan yang cepat dan signifikan dengan munculnya teknologi baru seperti otomatisasi dan intelijen buatan (AI). Penggunaan AI dalam sistem transportasi diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, dan pengalaman perjalanan bagi pengguna. Salah satu contoh yang menonjol dari penerapan AI dalam sistem transportasi adalah dalam pengembangan kendaraan otomatis atau kendaraan tanpa pengemudi (AV). *Autonomous vehicle* diharapkan dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh kesalahan manusia, seperti kesalahan fokus, kelelahan, atau kecanduan alkohol. Dengan menggunakan sensor, kamera, dan algoritma AI, *autonomous vehicle* diharapkan dapat mendeteksi dan menghindari objek di jalan dan merespons situasi lalu lintas yang kompleks dengan cepat dan akurat. Selain itu, AI juga dapat digunakan dalam pengembangan sistem transportasi yang lebih efisien. Contohnya, algoritma AI dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan transportasi dan mengoptimalkan rute yang digunakan. Hal ini akan mengurangi waktu perjalanan dan meningkatkan efisiensi energi. (Selfana Desfilova, 2023)

Pesatnya pertumbuhan inovasi teknologi berbasis Artificial Intelligence di sektor kendaraan sangat terlihat, ditandai dengan diproduksi mobil-mobil masal yang berteknologi tinggi. Terkait dengan tingginya akan kebutuhan transportasi, maka salah satu dampaknya adalah kecelakaan lalu lintas. (Fachrurazi,2020)

Autonomous car dapat mengurangi resiko kecelakaan jika persyaratannya terpenuhi, semisal marka jalan yang dibuat secara baik, kondisi jalan yang sesuai dengan peta dan sebagainya, oleh karena itu mengapa *full autonomous car* belum bisa dijalankan di Indonesia disebabkan banyaknya persyaratan yang belum terpenuhi ditambah dengan kondisi pengemudi di Indonesia yang kurang mematuhi peraturan berkendara di jalan raya, namun sudah banyak *semi-autonomous car* yang dipasarkan di Indonesia, dengan mengusung sistem *self-driving car* yang sudah memiliki sistem keamanan lebih, memungkinkan mobil memberi peringatan kepada pengemudi jika ada kendaraan yang terlalu dekat dengan mobil, mampu menjaga jarak aman mobil dengan kendaraan didepannya, lalu ada *line keeping assist* yang berguna untuk menjaga mobil selalu pada jalurnya, terutama saat pengemudi mengantuk dan terindikasi akan keluar jalur, serta sistem keamanan lainnya yang disematkan pada mobil tersebut. *Autonomous car* merupakan sebuah sistem yang dijalankan oleh komputer yang tidak memiliki perasaan mengantuk ataupun kelelahan seperti manusia, maka diharapkan mampu lebih meningkatkan keamanan saat berkendara. (Fachrurazi,2020)

Dilansir dari Analytics Insight, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) telah memperkirakan bahwa pada akhir tahun 2040, mobil tanpa awak/otonom ini akan mengambil alih 75 persen kendaraan konvensional sekarang ini. Oleh karena itu mengapa *full autonomous car* belum bisa dijalankan di Indonesia disebabkan banyaknya persyaratan yang belum terpenuhi ditambah dengan kondisi pengemudi di Indonesia yang kurang mematuhi peraturan berkendara di jalan raya, namun sudah banyak *semi-autonomous car* yang dipasarkan di

Indonesia, dengan mengusung sistem self-driving car yang sudah memiliki sistem keamanan lebih, memungkinkan mobil memberi peringatan kepada pengemudi jika ada kendaraan yang terlalu dekat dengan mobil, mampu menjaga jarak aman mobil dengan kendaraan didepannya, lalu ada line keeping assist yang berguna untuk menjaga mobil selalu pada jalurnya, terutama saat pengemudi mengantuk dan terindikasi akan keluar jalur, serta sistem keamanan lainnya yang disematkan pada mobil tersebut. ([Rizki Octavian](#), 2022)

Dengan begitu kecelakaan dapat di minimalkan secara bertahap, dikarenakan adanya inovasi yang terus berkembang dan diharapkan teknologi Autonomous Car tersebut dapat diterapkan di setiap mobil yang ada di dunia dan berfungsi secara sempurna, agar pelanggaran-pelanggaran yang sering dilakukan pengemudi dapat ditanggulangi. (Fachrurazi, 2020)

KAJIAN LITERATUR

Autonomous car merupakan salah satu dari Autonomous Agent yang merupakan system yang terletak di dalam dan bagian dari lingkungan yang merasakan lingkungan itu dan

bertindak di atasnya, dari waktu ke waktu, dalam kegiatan sendiri sehingga dapat mempengaruhi apa yang dia rasakan berikutnya (Franklin & Graesser, 1996). (Yusuf et al., 2018)

Kendaraan Otonom juga dapat meningkatkan transportasi public transportasi umum dengan menghubungkan pusat kota dengan sistem angkutan massal utama, serta menciptakan sistem yang dapat memberikan rasa aman kepada penumpang. Pendekatan berbasis gambar dan audio yang didukung oleh algoritma Artificial Intelligence (AI) yang baru, diusulkan sebagai layanan untuk meningkatkan keamanan dan kepercayaan di dalam angkutan otonom. (Tsiktsiris et al., 2022)

Teknologi AV ketika diimplementasikan akan secara drastis mengurangi jumlah kecelakaan di jalan raya, akan memberikan lalu lintas yang lebih baik, konsumsi bahan bakar yang lebih efisien dan juga mengurangi polusi lingkungan. Semua ini akan membantu masyarakat di negara berkembang untuk memiliki kehidupan yang lebih baik dan lebih sehat. Statistik yang tersedia menunjukkan bahwa sebagian besar kecelakaan fatal yang terjadi di negara berkembang disebabkan oleh kelalaian pengemudi, yang dapat dihindari atau dikurangi secara drastis dengan menggunakan AV. Dalam semua survei yang dilakukan sejauh ini oleh berbagai lembaga internasional yang berbeda, orang-orang dari negara berkembang lebih bersedia untuk menerima dan mencoba AV daripada rekan-rekan mereka dari negara maju. (Thomas & Trost, 2017)

Manajemen insiden adalah seperangkat alat dan prosedur yang secara efektif mengkoordinasikan sumber daya yang ada untuk mempersingkat durasi insiden. Tindakan manajemen insiden yang terencana dengan baik akan memulihkan arus lalu lintas. Tindakan manajemen insiden yang terencana dengan baik akan memulihkan arus lalu lintas serendah biaya serendah mungkin dalam hal penundaan kendaraan. Manajemen insiden meliputi pembersihan insiden, yang merupakan tindakan menghilangkan insiden atau elemen lain yang mengganggu arus lalu lintas reguler atau menghentikan penutupan jalur, dan mengembalikan kapasitas jalan ke tingkat sebelum insiden sebelum kejadian (Ozbay et al., 2009).

Teknologi otomasi memiliki dampak yang signifikan terhadap kehidupan sosial dan tidak terkecuali mobilitas (Bagloee et al., 2016). Kemajuan tersebut telah memberi jalan bagi kemungkinan pengembangan kendaraan otonom yang berfokus pada pengurangan tabrakan, penggunaan energi, dan emisi sembari meningkatkan sistem transportasi (Lloee et al., 2016), Meskipun konsep kendaraan otonom telah dikecam selama bertahun-tahun telah dikecam selama bertahun-tahun, harga yang sangat tinggi telah menghambat produksi secara besar-besaran (Fagnant dan Kockelman, 2015). Meskipun demikian, ada peningkatan yang signifikan dalam kegiatan penelitian dan pengembangan dalam beberapa tahun terakhir tahun terakhir untuk mewujudkan konsep kendaraan otonom. (Gokasar, Simic, et al., 2023)

Machine Learning adalah jenis Artificial Intelligence yang memberikan komputer kemampuan untuk belajar tanpa diprogram secara eksplisit. Pembelajaran mesin berfokus pada pengembangan program komputer yang mampu beradaptasi atau paham saat diberikan dengan data baru, sistem ini mencari melalui data untuk menemukan pola. Machine Learning menggunakan data tersebut untuk mendeteksi pola dalam data dan menyesuaikan tindakan sesuai program. Algoritma Machine Learning sering dikategorikan menjadi 2 bagian, yakni

diawasi atau tidak diawasi. Algoritma yang diawasi dapat menerapkan apa yang telah dipelajari di masa lalu ke data baru, sebagai contoh pada pendeteksian kendaraan mobil, saat sistem sudah berhasil melalui tahap pembelajaran, maka sistem sudah mampu mendeteksi mobil saat dikenakan gambar tersebut, baik gambar baru maupun lama yang berbentuk mobil. Algoritma yang tidak diawasi dapat menarik kesimpulan dari dataset, sebagai contoh pada bagian laman facebook menggunakan Machine Learning untuk memberikan rekomendasi masing-masing anggota, Jika sebuah anggota sering membaca atau "menyukai" suatu posting teman tertentu, maka rekomendasi yang akan diberikan sejenis atau serupa dengan hal yang sering dilihat tersebut (Satyanarayana, et al., 2017)

digunakan untuk pendeteksian wajah atau yang dikenal sebagai face detection, algoritma ini dikembangkan oleh Viola dan Jones dalam jurnalnya yang berjudul Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features pada tahun 2001 silam (Massidik, et al., 2017).

Haar-Cascade Classifier atau yang sering disebut juga dengan Haar-Like Feature sangat umum digunakan untuk pendeteksian wajah atau yang dikenal sebagai face detection, algoritma ini dikembangkan oleh Viola dan Jones dalam jurnalnya yang berjudul Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features pada tahun 2001 silam

Metode penilaian kesiapan teknologi (TRA) pertama kali dikembangkan oleh Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional penerbangan dan antariksa nasional (NASA) pada tahun 1980-an. Metodologi ini dimaksudkan untuk menemukan kesenjangan dalam pengujian, demonstrasi, dan pengetahuan umum tentang teknologi untuk mengidentifikasi langkah-langkah yang diperlukan untuk meningkatkan status kesiapan teknologi. Metode ini berisi proses sistematis berbasis metrik yang menilai dan melaporkan kematangan teknologi tertentu yang digunakan dalam berbagai sistem. J-TRA berisi tujuh parameter untuk penilaian kesiapan: (1) pasar, (2) pengembangan teknologi, (3) integrasi sistem, (4) verifikasi keberlanjutan, (5) keamanan, (6) komersialisasi, dan (7) biaya dan risiko. Masing-masing parameter memiliki daftar periksa kepatuhan untuk menentukan status kesiapan teknologi. Daftar periksa kepatuhan dapat diakses dari manual yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Jepang. (Pandyaswargo et al., 2023)

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur atau penelitian kepustakaan yang berisi teori-teori yang relevan dengan masalah penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi yang relevan terkait penggunaan autonomous car di berbagai negara khususnya negara maju yang sudah menggunakan autonomus car. Studi literatur merupakan teknik pengumpulan data dengan mengadakan studi penelaahan terhadap buku-buku, catatan-catatan, literatur-literatur, dan laporan-laporan yang berhubungan dengan masalah yang diteliti (Nadzir, 1988). Data dan informasi yang diperoleh dari studi literatur kemudian diolah dengan menggunakan metode analisis deskriptif. (Sanusi, 2016) mengatakan bahwa analisis deskriptif berfokus pada deskripsi terstruktur mengenai fakta-fakta atau petunjuk-petunjuk yang diperoleh selama penelitian (Sanusi, 2016). Aspek-aspek yang akan dianalisis adalah penggunaan autonomus car di berbagai negara beserta teknologi artificial intelligence algoritma yang digunakan, peran pemerintah dan tantangannya dalam penerapan autonomous car di Indonesia, khususnya Jakarta

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemajuan pesat dalam pengembangan kendaraan otonom dan kendaraan berbahan bakar alternatif (AFV) kemungkinan besar akan mengubah masa depan mobilitas dan dapat membawa manfaat seperti peningkatan keselamatan di jalan raya dan emisi yang lebih rendah. Untuk mencapai manfaat potensial ini, diperlukan dukungan masyarakat yang luas terhadap teknologi ini. Hingga saat ini, penelitian untuk mengeksplorasi persepsi masyarakat terhadap inovasi transportasi cenderung mempertimbangkannya secara terpisah (misalnya, mobil tanpa pengemudi, kendaraan listrik). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Potoglou et al meneliti prediktor minat dan kesiapan konsumen untuk membayar AFV dan kendaraan otonom melalui eksperimen pilihan yang dilakukan di enam pasar yang berbeda: Jerman, India, Jepang, Swedia, Inggris, dan Amerika Serikat. Dengan menggunakan Latent Class Discrete Choice Models,

mereka mengamati heterogenitas yang signifikan baik di dalam maupun di seluruh sampel negara. Sebagai contoh, meskipun konsumen Jepang pada umumnya bersedia membayar untuk kendaraan otonom, di sebagian besar negara Eropa, konsumen perlu diberi kompensasi untuk otomatisasi. Temuan ini sangat berharga bagi para pembuat kebijakan dan industri otomotif dalam mengidentifikasi pengadopsi awal yang potensial, serta segmen konsumen atau budaya yang kurang yakin untuk mengadopsi teknologi transportasi inovatif ini (Potoglou et al., 2020)

Technology of China merilis "Peta Jalan Teknologi untuk Kendaraan Otonom 2.0", yang menetapkan tujuan bahwa tingkat penetrasi kendaraan otonom diharapkan mencapai 50% pada tahun 2025 dan 70% pada tahun 2030. Jepang dan Uni Eropa juga membuat beberapa kebijakan yang mengizinkan kendaraan otonom untuk mengemudi di area yang ditentukan. Secara bertahap menjadi konsensus di antara para pembuat kebijakan dunia bahwa teknologi kendaraan otonom berpotensi mengurangi tabrakan lalu lintas dan menyelamatkan ribuan nyawa setiap tahun. Akan tetapi, tidak ada jawaban yang pasti untuk pertanyaan tentang berapa banyak tabrakan yang dapat dicegah oleh teknologi AV. Dalam rangka mengevaluasi pengurangan tabrakan dan pengurangan biaya ekonomi terkait kecelakaan yang dapat yang dapat dicapai jika teknologi kendaraan otonom tersedia secara luas di Cina, SAE International mengklasifikasikan kendaraan otonom ke dalam level 1 hingga level 5 sesuai dengan tingkat otomatisasi mereka, termasuk Bantuan Pengemudi (Level 1), Otomasi Mengemudi Sebagian (Level 2), Otomasi Mengemudi Bersyarat (Level 3), Otomasi Mengemudi Tinggi (Level 4), dan Otomasi Mengemudi Penuh (Level 5) (SAE International, 2018). Teknologi-teknologi AV ini adalah Forward Collision Peringatan (FCW), Pengereman Darurat Otomatis (AEB), Kontrol Pelayaran Adaptif (ACC), Keberangkatan Lajur Peringatan Lane Departure Warning (LDW), Lane Keeping Assist (LKA), Blind Spot Detection (BSD), Lane Change Assist (LCA), Intersection Management Assist (IMA), dan Left Turn Assist (LTA), Kontribusi dari penelitian ini termasuk mengukur berbagai manfaat keselamatan yang disebabkan oleh sembilan teknologi. (Tan et al., 2023)

Kendaraan otonom dengan berbagai tingkat otonomi menjadi populer di negara-negara maju karena keefektifannya dalam mengurangi angka kematian yang disebabkan oleh kecelakaan di jalan raya. Negara berkembang seperti India dengan populasi terbesar kedua di dunia, menciptakan skenario jalan yang unik untuk mobil otonom yang membutuhkan banyak pengujian dan penyempurnaan sebelum diimplementasikan. Hal ini mengarah pada pentingnya kumpulan data yang memberikan informasi tentang berbagai situasi lalu lintas di India. Untuk merencanakan jalurnya ke depan, kendaraan otonom harus mendeteksi, mengklasifikasikan, dan memperkirakan kedalaman rintangan yang mereka temui di jalan. Dalam penelitian ini, membandingkan klasifikasi objek dengan menggunakan matriks kebingungan yang diperoleh dari berbagai model pembelajaran mendalam, mengevaluasi deteksi menggunakan Faster R-CNN dan membandingkan estimasi kedalaman yang diproses oleh kamera stereo Realsense dengan menerapkan algoritme berbasis jaringan saraf konvolusi. Hal ini bertujuan untuk menyediakan dataset untuk klasifikasi objek, deteksi, dan penglihatan stereo yang sesuai dengan jalan-jalan di India yang dapat berfungsi sebagai platform untuk mengembangkan algoritme yang efektif untuk mobil otonom di jalan-jalan di India. (Sai Srinath et al., 2020)

Simulasi berkendara merupakan salah satu sarana untuk meningkatkan kemampuan seseorang untuk berkendara. Rancang bangun simulasi berkendara 3D yang telah dibuat dapat memberikan kontrol dan visual yang mendukung untuk pembelajaran berkendara. Tetapi dalam dunia nyata pengendara tidak hanya berhadapan dengan rambu-rambu lalu lintas. Pemain juga memerlukan pembelajaran berkendara layaknya dunia nyata dengan tambahan mobil lain yang bergerak seperti di dunia nyata. Sehingga diperlukan agen otomatis yang bertindak sebagai mobil. Solusi untuk agen otomatis ini adalah dengan menggunakan Autonomous Vehicle yang menggunakan metode Steering Behavior sebagai dasar. Pada tahap perancangan, kebutuhan dalam pembuatan Steering Behavior disusun dalam perancangan Car Controller, perancangan Steering Behavior dan perancangan Waypoint. Kemudian program diimplementasikan menggunakan Unity3D dengan bahasa pemrograman C#. Pada saat pengujian White Box, dapat disimpulkan bahwa unit modul program sudah memenuhi kebutuhan fungsional. Pada pengujian akurasi dan presisi, dapat disimpulkan bahwa akurasi dan presisi offset adalah 97.9% dan 0.166427546 meter, akurasi dan presisi magnitude error adalah 68.3% dan 1.605146908 m/s. Pada pengujian performa, dapat disimpulkan bahwa performa terbaik yang dapat diberikan

Autonomous Vehicle adalah dengan menjalankan agen secara bersamaan dengan jumlah kurang dari 180 agen (Yusuf et al., 2018)

Sistem ini dibangun menggunakan algoritma pengenalan objek Haar-Cascade Classifier serta image processing sebagai pemroses sinyal masukan berupa gambar bergerak, dan dengan menggunakan Sharp sensor untuk mengukur jarak benda yang berada di depan mobil. Hasil dari penelitian ini sistem mampu berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan secara real time, dengan akurasi rata-rata yang diperoleh oleh system dalam pendeteksian lampu lalu lintas sebesar 95%, presisi 100%, sensitivitas 90%, dan error 5%, serta proses pembacaan marka jalan memiliki akurasi hingga 100%, dan untuk pengukuran jarak menggunakan Sharp Sensor GP2Y0A41SK0F didapatkan akurasi sebesar 98,45%. Hal ini tentu saja sangat berdampak positif bagi kehidupan manusia saat ini, dimana manusia dapat lebih produktif saat berkendara, serta dapat menjaga keselamatan dalam perjalanan guna mengurangi angka kecelakaan yang terus bertambah (Fachrurazi,2020)

Penelitian serupa telah banyak dilakukan sebelumnya, salah satunya adalah *prototype autonomous car* menggunakan *neural network* yang dilakukan pada tahun 2017 lalu, dimana pada penelitian tersebut dibahas tentang penggunaan kamera untuk membaca lingkungan sekitar yang mana data akan diolah menggunakan algoritma *backpropagation neural network* dan *Haar-Like Classifier*, adapun perangkat utama yang disimulasikan adalah Raspberry Pi, kamera Raspberry Pi, sensor ultrasonic, dan motor DC yang mana memiliki kegunaannya masing-masing. Hasil dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan penggunaan algoritma *Haar-Like Classification* dengan *backpropagation neural network*, dimana didapat kesimpulan bahwa penggunaan *Haar-Cascade Classifier* lebih tepat saat digunakan untuk mendeteksi objek yang tergolong jarang terlihat seperti rambu berhenti yang ditandai dengan keberhasilan pendeteksian rambu berhenti hingga 85%, karena algoritma ini memiliki keakuratan saat beradaptasi yang berbeda-beda. Namun untuk algoritma *backpropagation neural network* lebih baik digunakan untuk deteksi objek yang sering terlihat seperti marka jalan atau bahu jalan, karena algoritma ini lebih mudah untuk mengenali pola objek, dimana kesimpulan tersebut didapat dari hasil uji coba yang menunjukkan keberhasilan dalam pendeteksian pola jalan hingga 100%. Pada tahun yang sama, yakni 2017 K.N.V.Satyanarayana dkk melakukan penelitian serupa, dimana penelitian tersebut berjudul *Based On Machine Learning Autonomous Car Using Raspberry-Pi*. Pada penelitian ini membahas tentang pembuatan prototipe *autonomous rc car* dengan menggunakan algoritma *neural network* sebagai pendeteksi jalan dan *Haar-Cascade Classifier* untuk deteksi objek yang dalam hal ini adalah rambu stop dan lampu lalu lintas, dengan hasil *testing* yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa akurasi sebesar 85%, dengan hasil *training* didapatkan sebesar 96%. Lalu untuk rata-rata *error* dalam pengujian pengukuran jarak menggunakan kamera adalah 8.095%, hal tersebut bisa terjadi karena banyak faktor, yang diantaranya ada kesalahan dalam pengukuran nilai aktual, proses pendeteksian, kesalahan dalam kalibrasi kamera, dan lainnya. Namun seperti yang sudah diketahui bahwa semakin jauh jarak antara kamera dan objek, maka semakin besar *error*-nya ((Fachrurazi,2020)

Teknologi yang dapat digunakan untuk pengembangan dan implementasi autonomous car menggunakan algoritma Wheeled Mobile Robot (WMR). Teknik ini akan terbukti berguna secara khusus, ketika WMR perlu menghindari rintangan yang ada di lintasan yang telah ditentukan dan ketika WMR harus diparkir secara otonom di slot parkir. Titik tembus ditentukan oleh pengguna dan lintasan yang melewati titik tembus ini dibuat dengan menggunakan properti kerataan diferensial. Pengoptimalan lokal digunakan untuk perencanaan lintasan yang optimal. Lintasan yang dihasilkan ini selalu mulus dengan panjang minimum yang layak yang memenuhi batasan nonholonomic dan holonomic pada kendaraan jenis mobil dan melewati titik-titik yang ditentukan oleh pengguna. Kontribusi dari penelitian ini terletak pada pengurangan kompleksitas masalah dengan memperkenalkan *via-point* dan optimasi lokal, yang menghasilkan implementasi algoritma yang mudah pada pengaturan perangkat keras. Eksperimen dilakukan pada model yang diperkecil 1:10 dari model Chevrolet Camero untuk menunjukkan keefektifan skema yang diusulkan. ((Walambe et al., 2020)

Berdasarkan catatan sejarah, mengemudi dalam kondisi cuaca berbahaya adalah salah satu penyebab paling serius yang menyebabkan kecelakaan fatal di jalan raya secara umum dan di jalan raya Uni Emirat Arab (UEA) pada khususnya. Salah satu solusi untuk meningkatkan

keselamatan di jalan raya adalah dengan melengkapi kendaraan dan infrastruktur dengan perangkat yang terhubung dan pintar serta mengubahnya menjadi kendaraan otonom. Sebelum menerapkan solusi konkret ke lapangan, solusi tersebut harus divalidasi dengan simulasi, dan lebih khusus lagi dengan simulasi berbasis agen. Dalam penelitian ini mengusulkan untuk mengimplementasikan model Reaction Time-Based Collaborative Velocity Control (RT-CVC) yang telah diimplementasikan pada mobil otonom ke dalam simulator berbasis agen. Model ini dibandingkan dengan Intelligent Driver Model (IDM), yang merupakan salah satu perilaku mengemudi longitudinal standar dalam lingkungan simulasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa RT-CVC menghasilkan arus lalu lintas dengan tabrakan kendaraan yang lebih sedikit dan waktu tempuh yang lebih singkat. Analisis positif ini diimbangi dengan fakta bahwa RT-CVC dirancang untuk mobil otonom, dan IDM dirancang untuk memodelkan keputusan mengemudi yang dilakukan oleh manusia. Menggunakan RT-CVC untuk memodelkan pengemudi manusia mungkin tidak produktif dalam eksperimen simulasi. (Outay et al., 2022)

Pada kendaraan yang sepenuhnya otonom, pengemudi mengalami kesulitan dalam pengambilalihan kendali karena mereka menjadi tidak terhubung dengan aspek mengemudi yang sebenarnya. Faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas pengambilalihan, seperti waktu tunggu dan isipasi tugas-tugas yang tidak berhubungan dengan mengemudi, telah terkonsentrasi. Namun demikian, dengan mempertimbangkan peran penting dari emosi, komunikasi manusia, dan pengemudian manual memengaruhi efisiensi pengambilalihan pengemudi. Identitas wajah sangat penting untuk mendeteksi sensitivitas emosional bagi pengemudi dalam kendaraan otonom. Perangkat pengenalan wajah yang otomatis dan cerdas (FR) sangat akurat dalam kondisi yang nyaman dan tidak diatur, dengan keandalan yang buruk pada kendaraan otonom. Kecerdasan Buatan (AI) dapat secara signifikan merasakan dan mengekspresikan perasaan dalam kesejahteraan dan bidang serupa. Studi ini menyarankan arsitektur IoT yang dioptimalkan yang memfasilitasi sinyal fisiologis dengan kabel transmisi yang lebih sedikit ke pusat manajemen basis data. Pengenalan Wajah dan Deteksi Emosi berdasarkan IoT (FRED-IoT) telah diusulkan untuk melacak pengenalan emosi dan wajah pengemudi pada kendaraan otonom. Rendah penundaan 2 milidetik dicapai dalam Protokol IoT yang diusulkan. Berbeda dengan teknologi mutakhir, FRED-IoT meningkatkan keandalan dan mencapai peringkat tinggi (F-score) sebesar 96%. (Chen et al., 2022)

Sektor mobilitas mengalami transisi global menuju teknologi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Banyak proyek mobilitas sedang mengembangkan teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan efisiensi operasional mobilitas, seperti pengisian daya optimasi sistem untuk kendaraan listrik (EV), mengemudi secara otonom, dan kontrol lalu lintas. Studi ini menyajikan proyek-proyek tersebut distribusi global dengan menunjukkan peta yang dihasilkan oleh sistem informasi geografis (GIS) dan menganalisis tingkat kesiapan teknologi tersebut dengan menggunakan metodologi Penilaian Kesiapan Teknologi Jepang (J-TRA). Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian besar proyek-proyek tersebut berlokasi di Eropa. Di antara penggunaan AI yang dianalisis, sistem parkir pintar dan teknologi bantuan penelusuran jalur memiliki tingkat kesiapan tertinggi. Pelatihan lebih lanjut tentang AI agar sepenuhnya kompatibel dengan lingkungan operasi nyata dan pembaruan lalu lintas (Pandyaswargo et al., 2023)

Pembentukan sistem transportasi cerdas di masa depan dapat diandalkan pada fungsi Kendaraan Terhubung dan Otonom (CAV) yang andal dan mulus. Pembelajaran penguatan (RL), yang memungkinkan kendaraan otonom (AV) mempelajari strategi mengemudi yang ideal melalui kontak terus-menerus dengan lingkungan, memainkan peran penting dalam proses pengambilan keputusan dalam pengemudian otonom (AD). Jaringan CAV menguntungkan karena memungkinkan transmisi data terkait lalu lintas ke kendaraan melalui komunikasi Vehicle-to-External (V2X). Pengenalan dan antisipasi perilaku mengemudi sangat penting untuk menghindari tabrakan karena dapat memberikan informasi yang berguna bagi pengemudi dan kendaraan lain. Tantangan mendasar dalam mengembangkan CAV adalah pembangunan pengendali otonom yang dapat secara efektif melakukan pemilihan kontrol waktu nyata yang dekat, seperti akselerasi cepat saat bergabung ke jalan raya dan penyesuaian kecepatan yang cepat dalam kemacetan lalu lintas berhenti dan berjalan. Perilaku mengemudi CAV dapat ditingkatkan secara signifikan dengan memanfaatkan informasi yang dibagikan, sehingga menghasilkan pengemudian yang lebih bertanggung jawab, cerdas, dan efisien. Dalam

penelitian ini, pendekatan pembelajaran penguatan mendalam diusulkan untuk mengintegrasikan informasi yang dikumpulkan melalui kemampuan konektivitas dan penginderaan dari mobil tetangga di sekitar CAV. Informasi yang digabungkan digunakan untuk memberikan perilaku perubahan jalur yang aman dan kooperatif. Penerapan algoritme dalam CAV diharapkan dapat meningkatkan keselamatan transportasi dari perilaku mengemudi CAV. (Alagumuthukrishnan et al., 2023)

Dengan menggunakan sensor bertenaga sendiri, data lalu lintas dapat dikumpulkan secara terus menerus, efisien, dan connected autonomous vehicles (CAVs) yang terhubung merupakan bagian dari teknologi metaverse. Sensor bertenaga mandiri Metaverse dapat menangkap data tanpa gangguan yang memungkinkan aktivitas seperti manajemen jaringan lalu lintas, optimalisasi fasilitas transportasi, dan pengelolaan perjalanan antarkota dapat dilakukan. Selain itu, teknologi metaverse menciptakan bidang baru. Mengevaluasi sistem yang terlibat dalam kegiatan transportasi saat ini bersama dengan metaverse dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan transportasi. Sebuah studi kasus telah dibuat bagi para ahli untuk mengevaluasi alternatif yang paling efektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa menggunakan sensor bertenaga sendiri untuk mengintegrasikan manajemen lalu lintas waktu nyata di metaverse adalah alternatif yang paling menguntungkan. (Gokasar, Pamucar, et al., 2023)

Dalam beberapa tahun terakhir, Autonomous Vehicles (AV), Connected Vehicles (CV), dan semua teknologi terkait telah menjadi sorotan, diteliti dan dikembangkan secara intensif. Terdapat antisipasi yang tinggi terhadap manfaat otomatisasi dan reformasi keseluruhan yang akan dibawa ke sektor transportasi, dengan beberapa perkiraan optimis yang menganggapnya sebagai sebuah kenyataan dalam beberapa tahun ke depan. Terbukti, AV dan CV menarik banyak perhatian dan dikembangkan dengan sangat cepat, menumbuhkan harapan besar untuk peningkatan keselamatan lalu lintas. Meskipun potensinya sangat besar dan tidak dapat disangkal, manfaatnya tidak secara otomatis dijamin karena ada beberapa parameter yang saat ini tidak dapat diprediksi. Disarankan agar faktor manusia, efektivitas sistem pemantauan dan penegakan hukum yang ada, serta kemungkinan sistem masa depan terkait penegakan hukum terhadap kendaraan otonom dapat ditingkatkan dan masalah-masalah serius seperti tailgating dan tabrakan dapat dikurangi. (Zavantis et al., 2022)

Pemerintah yang terlibat dalam pengembangan mobilitas perkotaan di kota pintar perlu menginvestasikan sumber daya keuangan yang terbatas secara bijaksana untuk mewujudkan tujuan keberlanjutan. Area utama untuk investasi keberlanjutan tersebut adalah bagaimana menerapkan dan berinvestasi pada teknologi yang sedang berkembang untuk solusi mobilitas perkotaan. Transportasi menyumbang hampir seperempat dari semua gas rumah kaca (Conibear et al., 2020). Berinvestasi dalam mobilitas cerdas membantu memajukan tujuan strategi kota pintar dengan menghadirkan transportasi yang ramah lingkungan (Wawrinka, 2018). Teknologi mobilitas pintar yang baru muncul dianggap memiliki dampak yang signifikan terhadap perubahan sosial serta kehidupan masyarakat di kota-kota masa depan (Marletto, 2019; Gurumurthy dan Kockelman, 2020). Kendaraan otonom (AV) dianggap sebagai salah satu teknologi yang mungkin terbukti menjadi bagian dari pendekatan multi-segi untuk mendukung pencapaian tujuan kota cerdas (Woo et al., 2021). (Richter et al., 2022)

hambatan umum yang dihadapi oleh pemerintah/pihak berwenang dan perusahaan swasta jika mereka mencoba menerapkan AV di negara-negara berkembang adalah kurangnya standarisasi infrastruktur jalan, jaringan jalan yang belum terencana dengan baik, kurangnya lajur dan pembatas jalan, kurangnya sistem on-ramp dan sistem keluar, kurangnya rambu-rambu pengarah, informasi, dan peringatan banyaknya lubang serta pemutus kecepatan secara acak, dan pemetaan jalan yang buruk. Algoritma yang ada saat ini yang sedang digunakan dalam penelitian di bidang AV membutuhkan rangkaian jalan yang sangat seperti yang digunakan di negara-negara maju. Masalah lain yang khas di negara berkembang seperti India adalah kemungkinan pengangguran karena teknologi otonom menggantikan pekerja manusia. (Thomas & Trost, 2017)

Penerimaan sistem transportasi cerdas berbasis AI membutuhkan penanganan hambatan yang ada dan adopsi keputusan dan kebijakan makro oleh para pembuat kebijakan dan pemerintah. Potensi hambatan terhadap adopsi Kendaraan Otonom (AV) di negara-negara berkembang harus mempertimbangkan dimensi keberlanjutan. Hambatan-hambatan tersebut

diidentifikasi dengan melakukan tinjauan literatur yang komprehensif dan mempelajari pendapat para ahli akademis di industri terkait. Dengan mengidentifikasi hambatan utama terhadap adopsi AV yang berkelanjutan, pendekatan sintesis dari Rough Best-Worst Method (RBWM) dan Interval-Rough Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (IR-MABAC) digunakan untuk membobot dan mengevaluasi setiap hambatan. Tingkat inflasi, kurangnya kualitas koneksi internet, dan tantangan pembelajaran dan kesulitan untuk menggunakan AV merupakan tantangan dan hambatan utama dalam adopsi AV yang perlu dipertimbangkan oleh para pembuat kebijakan. Kebijakan pemerintah perlu dipertimbangkan lebih tepat untuk mengelola dan menetapkan hukum dan perundang-undangan (Shahedi et al., 2023)

KESIMPULAN DAN SARAN

Autonomous vehicle dapat mengurangi resiko kecelakaan jika persyaratannya terpenuhi, semisal marka jalan yang dibuat secara baik, kondisi jalan yang sesuai dengan peta dan sebagainya, oleh karena itu mengapa full autonomous car belum bisa dijalankan di Indonesia disebabkan banyaknya persyaratan yang belum terpenuhi ditambah dengan kondisi pengemudi di Indonesia yang kurang mematuhi peraturan berkendara di jalan raya, namun sudah banyak semi-autonomous car yang dipasarkan di Indonesia, dengan mengusung sistem self-driving car yang sudah memiliki sistem keamanan lebih, memungkinkan mobil memberi peringatan kepada pengemudi jika ada kendaraan yang terlalu dekat dengan mobil, mampu menjaga jarak aman mobil dengan kendaraan didepannya, lalu ada line keeping assist yang berguna untuk menjaga mobil selalu pada jalurnya, terutama saat pengemudi mengantuk dan terindikasi akan keluar jalur, serta sistem keamanan lainnya yang disematkan pada mobil tersebut.

Kebijakan pemerintah perlu dipertimbangkan lebih tepat untuk mengelola dan menetapkan hukum dan perundang-undangan dalam menerapkan autonomous car ini. Hambatan umum yang dihadapi oleh pemerintah/pihak berwenang dan perusahaan swasta jika mereka mencoba menerapkan AV di negara-negara berkembang adalah kurangnya standarisasi infrastruktur jalan, jaringan jalan yang belum terencana dengan baik, kurangnya lajur dan pembatas jalan, kurangnya sistem on-ramp dan sistem keluar, kurangnya rambu-rambu pengarah, informasi, dan peringatan banyaknya lubang serta pemutus kecepatan secara acak, dan pemetaan jalan yang buruk. Selain itu, tingkat inflasi, kurangnya kualitas koneksi internet, dan tantangan pembelajaran dan kesulitan untuk menggunakan AV merupakan tantangan dan hambatan utama dalam adopsi AV yang perlu dipertimbangkan oleh para pembuat kebijakan. Penerapan algoritma AI dapat digunakan untuk menyesuaikan kondisi lalu lintas dan cuaca, serta mengoptimalkan jadwal transportasi. Hal ini akan meningkatkan efisiensi dari sistem transportasi dan membantu dalam mengurangi dampak lingkungan. Namun, perlu diingat bahwa penerapan AI dalam sistem transportasi juga harus dilakukan dengan bijak dan memperhatikan aspek-aspek keamanan dan privasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alagumuthukrishnan, S., Deepajothi, S., Vani, R., & Velliangiri, S. (2023). Reliable and Efficient Lane Changing Behaviour for Connected Autonomous Vehicle through Deep Reinforcement Learning. *Procedia Computer Science*, 218, 1112–1121. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.090>
- Chen, Z., Feng, X., & Zhang, S. (2022). Emotion detection and face recognition of drivers in autonomous vehicles in IoT platform. *Image and Vision Computing*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2022.104569>
- Desfilova, Selfana, Prodi Manajemen Universitas Pembangunan Jaya, 14 Januari 2023, *Penerapan AI (Artificial Intelligence) dalam Sistem Transportasi Masa Depan*, Indonesiana. Id, diakses tanggal 26 Mei 2023
- Fachrurazi, Muhammad, 2020, *Prototipe Autonomous Car Menggunakan HAAR Cascade Classifier Berbasis Raspberry Pi*, Yogyakarta
- Gokasar, I., Pamucar, D., Devenci, M., Gupta, B. B., Martinez, L., & Castillo, O. (2023). Metaverse integration alternatives of connected autonomous vehicles with self-powered sensors using fuzzy decision making model. *Information Sciences*, 642. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.119192>

- Gokasar, I., Simic, V., Deveci, M., & Senapati, T. (2023). Alternative prioritization of freeway incident management using autonomous vehicles in mixed traffic using a type-2 neutrosophic number based decision support system. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106183>
- Octavian, Rizki, 30 April 2022, *Implementasi Kecerdasan Buatan (AI) Bidang Transportasi*, geotimes. *Id. Diakses tanggal 26 mei 2023*
- Outay, F., Abbas-Turki, A., Galland, S., Lombard, A., & Gaud, N. (2022). Comparison of Reaction Time-based Collaborative Velocity Control and Intelligent Driver Model for Agent-based Simulation of Autonomous Car. *Procedia Computer Science*, 203, 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.026>
- Pandyaswargo, A. H., Maghfiroh, M. F. N., & Onoda, H. (2023). Global distribution and readiness status of artificial intelligence application on mobility projects. *Energy Reports*, 9, 720–727. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.070>
- Potoglou, D., Whittle, C., Tsouros, I., & Whitmarsh, L. (2020). Consumer intentions for alternative fuelled and autonomous vehicles: A segmentation analysis across six countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102243>
- Richter, M. A., Hagenmaier, M., Bandte, O., Parida, V., & Wincent, J. (2022). Smart cities, urban mobility and autonomous vehicles: How different cities needs different sustainable investment strategies. *Technological Forecasting and Social Change*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121857>
- Sai Srinath, N. G. S., Joseph, A. Z., Umamaheswaran, S., Priyanka, C. L., Malavika Nair, M., & Sankaran, P. (2020). NITCAD - Developing an object detection, classification and stereo vision dataset for autonomous navigation in Indian roads. *Procedia Computer Science*, 171, 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.022>
- Shahedi, A., Dadashpour, I., & Rezaei, M. (2023). Barriers to the sustainable adoption of autonomous vehicles in developing countries: A multi-criteria decision-making approach. *Heliyon*, 9(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15975>
- Tan, H., Zhao, F., Liu, Z., & Song, H. (2023). Effects of nine typical technologies for primary autonomous vehicles on road safety in China. *IScience*, 26(3). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106109>
- Thomas, A., & Trost, J. (2017). A Study on Implementing Autonomous Intra City Public Transport System in Developing Countries - India. *Procedia Computer Science*, 115, 375–382. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.09.093>
- Tsiktsiris, D., Vafeiadis, A., Lalas, A., Dasygenis, M., Votis, K., & Tzovaras, D. (2022). A Novel Image and Audio-based Artificial Intelligence Service for Security Applications in Autonomous Vehicles. *Transportation Research Procedia*, 62, 294–301. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.037>
- Walambe, R., Patwardhan, N., & Joshi, V. (2020). Development of auto-parking and collision avoidance algorithms on car type autonomous mobile robots. *IFAC-PapersOnLine*, 53(1), 567–572. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.06.095>
- Yusuf, R. M., Muhammad, E., Jonemaro, A., & Arwani, I. (2018). *Penerapan Autonomous Vehicle Behavior Pada Permainan Simulasi Ujian Berkendara 3D Menggunakan Metode Steering Behavior* (Vol. 2, Issue 11). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Zavantis, D., Outay, F., El-Hansali, Y., Yasar, A., Shakshuki, E., & Malik, H. (2022). Autonomous Driving and Connected Mobility Modeling: Smart Dynamic Traffic Monitoring and Enforcement System for Connected and Autonomous Mobility. *Procedia Computer Science*, 203, 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.028>