

Kecerdasan Buatan dalam Kendaraan Otonom: Tinjauan Sistematis terhadap Tren dan Tantangan Masa Depan

Iman Pradana A. Assagaf^{1*}, Angger Bagus Prasetyo²

¹ Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar, Jl. Sunu No.220 Suangga Tallo Makassar, Sulawesi Selatan 90211

² Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari Magelang Jawa Tengah, 56116

*E-mail : iman.pradana@atim.ac.id

Diterima: 20 01 2026

Direvisi: 29 01 2026

Disetujui: 30 01 2026

ABSTRAK

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) merupakan elemen kunci dalam pengembangan kendaraan otonom yang berpotensi merevolusi sistem transportasi modern melalui peningkatan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur sistematis terhadap perkembangan terkini, tantangan, serta arah masa depan penerapan AI pada kendaraan otonom, sekaligus mengidentifikasi kompetensi AI yang dibutuhkan oleh tenaga kerja di industri ini. Metode yang digunakan adalah *systematic literature review* dengan menganalisis artikel ilmiah dan publikasi relevan yang membahas teknologi AI pada kendaraan otonom dalam beberapa tahun terakhir. Hasil kajian menunjukkan bahwa pembelajaran mesin (*machine learning*), pembelajaran mendalam (*deep learning*), pengendalian prediktif (*predictive control*), serta sistem persepsi visual berbasis visi komputer merupakan teknologi utama yang memungkinkan kendaraan otonom melakukan pengambilan keputusan secara mandiri dan adaptif terhadap kondisi jalan yang dinamis. Selain itu, penerapan AI dalam manajemen energi dan sistem keselamatan terbukti berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan kendaraan otonom. Temuan ini juga mengindikasikan bahwa penguasaan keahlian AI, khususnya pada bidang analisis data, pemodelan cerdas, dan sistem kontrol otonom, menjadi kebutuhan strategis bagi tenaga kerja saat ini dan di masa depan. Dengan demikian, pengembangan kompetensi AI tidak hanya mendukung kemajuan teknologi kendaraan otonom, tetapi juga menjadi fondasi penting bagi pertumbuhan dan daya saing industri transportasi cerdas.

Kata kunci: Kecerdasan Buatan, Kendaraan Otonom, Tenaga Kerja.

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) is a key element in the development of autonomous vehicles, with the potential to revolutionize modern transportation systems through improved efficiency, safety, and comfort. This study aims to conduct a systematic literature review of recent developments, challenges, and future directions in the application of AI in autonomous vehicles, while also identifying the AI competencies required by the workforce in this industry. The method employed is a systematic literature review by analyzing scientific articles and relevant publications that discuss AI technologies in autonomous vehicles over recent years. The results indicate that machine learning, deep learning, predictive control, and computer vision-based perception systems are the primary technologies enabling autonomous vehicles to make independent decisions and adapt to dynamically changing road conditions. In addition, the application of AI in energy management and safety systems plays a crucial role in enhancing the efficiency and sustainability of autonomous vehicles. These findings further suggest that mastery of AI skills—particularly in data analysis, intelligent modeling, and autonomous control systems—has become a strategic requirement for the current and future workforce. Therefore, the development of AI competencies not only supports technological advancements in autonomous vehicles but also serves as an essential foundation for the growth and competitiveness of the intelligent transportation industry.

Keywords: Artificial Intelligence, Autonomous Vehicles, Workforce

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi merupakan era yang tengah berlangsung saat ini, di mana berbagai kebutuhan hadir dalam setiap aspek kehidupan manusia sebagai konsumen teknologi. Kebutuhan di era industri 4.0 menjadi semakin tinggi karena adanya fasilitas otomatisasi dan pertukaran data dalam teknologi manufaktur. [1], [2]. Seiring meningkatnya tuntutan terhadap efisiensi energi dan keselamatan berkendara, kendaraan otonom dipandang sebagai solusi potensial untuk mengatasi berbagai permasalahan industri otomotif, seperti tingginya angka kecelakaan lalu lintas, konsumsi energi yang tidak optimal, serta kemacetan di wilayah perkotaan [3], [4]. Dalam sistem ini, AI berperan sebagai komponen inti yang memungkinkan kendaraan melakukan analisis data secara *real-time*, mengambil keputusan secara cerdas, serta berinteraksi secara adaptif dengan lingkungan sekitarnya [5], [6].

Berbagai pendekatan AI telah dikembangkan untuk mendukung kemampuan tersebut. Pembelajaran mesin (*machine learning*) dan pembelajaran mendalam (*deep learning*) memainkan peran utama dalam pengolahan data visual dan sensorik, sehingga kendaraan mampu mengenali objek, memprediksi perilaku pengguna jalan lain, serta merespons berbagai skenario berkendara secara otomatis dan akurat [7], [8], [9], [10]. Selain itu, pengendalian prediktif (*predictive control*) digunakan untuk mengoptimalkan perencanaan lintasan dan pengaturan kecepatan dengan mempertimbangkan aspek keselamatan dan efisiensi energi [11], [12], [13]. Meskipun demikian, kemampuan kendaraan otonom untuk beradaptasi terhadap kondisi jalan yang dinamis, lingkungan perkotaan yang kompleks, serta cuaca ekstrem masih menjadi tantangan signifikan dalam implementasi di dunia nyata [14], [15], [16].

Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada pengembangan algoritma dan peningkatan performa teknis dari masing-masing teknologi AI secara terpisah. Kajian yang secara simultan mengintegrasikan tren teknologi AI, tantangan implementasi di lingkungan nyata, serta implikasinya terhadap kebutuhan kompetensi tenaga kerja di industri kendaraan otonom masih relatif terbatas. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya suatu pendekatan kajian yang lebih komprehensif, tidak hanya meninjau aspek teknis, tetapi juga mempertimbangkan aspek nonteknis yang berpengaruh terhadap keberlanjutan pengembangan kendaraan otonom. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur sistematis guna mengkaji tren terkini penerapan AI pada kendaraan otonom, mengidentifikasi tantangan teknis dan nonteknis yang dihadapi dalam implementasinya, serta menganalisis kebutuhan kompetensi AI yang relevan bagi tenaga kerja industri. Ruang lingkup kajian mencakup teknologi utama AI, aspek adaptabilitas dan keselamatan, serta implikasinya terhadap pengembangan sumber daya manusia, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi konseptual sebagai dasar pengembangan kendaraan otonom yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis (*Systematic Literature Review/SLR*) untuk mengkaji perkembangan penerapan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) pada kendaraan otonom, meliputi tren teknologi, tantangan implementasi, serta kebutuhan keterampilan di masa depan. Metode SLR dipilih karena mampu memberikan gambaran yang komprehensif, terstruktur, dan dapat direplikasi terhadap hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan. Tahapan penelitian diawali dengan proses identifikasi dan pengumpulan literatur dari beberapa basis data ilmiah bereputasi. Pencarian literatur dilakukan menggunakan kata kunci yang relevan, antara lain *autonomous vehicles*, *artificial intelligence*, *machine learning*, *deep learning*, dan *intelligent control*. Literatur yang dikaji dibatasi pada publikasi dalam rentang tahun 2016–2024 untuk memastikan keterwakilan perkembangan teknologi terkini di bidang kendaraan otonom.

Proses seleksi literatur berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi artikel jurnal dan prosiding konferensi yang secara langsung membahas penerapan AI pada kendaraan otonom, termasuk aspek keselamatan, efisiensi energi, sistem persepsi, pengambilan keputusan, dan pengendalian kendaraan. Adapun kriteria eksklusi mencakup artikel yang tidak relevan dengan fokus penelitian, bersifat duplikat, tidak melalui proses *peer-review*, atau tidak memberikan kontribusi ilmiah yang jelas. Berdasarkan proses seleksi tersebut, sebanyak jumlah 48 dinyatakan memenuhi kriteria dan digunakan sebagai bahan analisis. Tahap berikutnya

adalah analisis dan sintesis data, di mana setiap literatur terpilih dianalisis untuk mengidentifikasi metode AI yang digunakan, bidang penerapannya, tantangan teknis dan nonteknis yang dihadapi, serta arah pengembangan di masa depan. Hasil analisis kemudian disintesis secara deskriptif dan komparatif untuk mengungkap pola tren penelitian, kesenjangan riset, serta implikasinya terhadap pengembangan kendaraan otonom dan kebutuhan kompetensi sumber daya manusia. Pada tahap akhir, dirumuskan kesimpulan dan rekomendasi yang mencakup rangkuman tren utama penerapan AI, tantangan yang masih dihadapi, serta keterampilan AI yang relevan bagi tenaga kerja industri kendaraan otonom. Metodologi ini diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah yang kuat bagi penelitian lanjutan maupun perumusan kebijakan dan pengembangan teknologi di bidang kendaraan otonom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dampak AI terhadap keselamatan dan adaptasi kendaraan otonom melalui *machine learning*, *deep learning*, dan *predictive control*.



Gambar 1. Mind map penerapan kecerdasan buatan pada kendaraan otonom

Pada gambar 1. menunjukkan peta konsep penerapan kecerdasan buatan pada kendaraan otonom yang mencakup *machine learning*, *deep learning*, dan *predictive control* sebagai teknologi utama pendukung sistem otonom. *Machine learning* berperan dalam persepsi lingkungan, lokalisasi dan pemetaan, prediksi perilaku pengguna jalan, serta optimalisasi energi. *Deep learning* mendukung kemampuan persepsi visual tingkat lanjut melalui deteksi dan segmentasi objek, prediksi perilaku berbasis jaringan saraf, serta integrasi data multisensor untuk pengambilan keputusan yang lebih akurat. Sementara itu, *predictive control* atau *Model Predictive Control (MPC)* digunakan untuk mengoptimalkan lintasan, pengaturan kecepatan, dan efisiensi energi dengan mempertimbangkan kondisi lalu lintas secara prediktif. Selain menggambarkan teknologi inti, peta konsep ini juga menyoroti tantangan utama kendaraan otonom, seperti kualitas data, keamanan siber, serta aspek etika dan hukum, sekaligus menekankan dampak dan prospek masa depan berupa peningkatan keselamatan, efisiensi mobilitas, perubahan paradigma transportasi, dan kebutuhan sumber daya manusia yang kompeten di bidang kecerdasan buatan.

1. *Machine learning* pada kendaraan otonom

Machine learning pada kendaraan otonom memungkinkan sistem untuk belajar dari data dan membuat keputusan sendiri tanpa instruksi manusia. Teknologi ini digunakan dalam persepsi lingkungan, seperti mengenali jalan, rambu lalu lintas, dan objek lain di sekitar kendaraan menggunakan data dari sensor seperti kamera dan

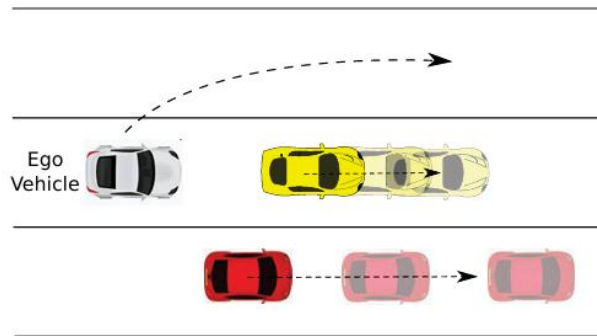
lidar [17], [18]. Selain itu, *machine learning* membantu kendaraan dalam lokalisasi dan pemetaan, yang memungkinkan kendaraan membangun peta lingkungan secara real-time melalui teknik SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*). Sistem juga dapat memprediksi perilaku objek lain, seperti kendaraan atau pejalan kaki, dan merencanakan tindakan berdasarkan prediksi tersebut. Dengan demikian, kendaraan otonom dapat bereaksi secara tepat terhadap situasi yang dinamis di jalan raya, membuat keputusan untuk menghindari kecelakaan atau menyesuaikan kecepatan [19], [20], [21]. Terakhir, *machine learning* digunakan untuk optimalisasi energi, terutama pada kendaraan listrik otonom. Dengan menganalisis data historis dan pola penggunaan, algoritma pembelajaran dapat mengatur penggunaan energi secara efisien untuk memperpanjang masa pakai baterai. Dengan integrasi *machine learning*, kendaraan otonom dapat secara mandiri dan adaptif meningkatkan efisiensi operasional serta mengutamakan keselamatan pengguna dan efisiensi energi [22], [23], [24].

2. *Deep Learning* dalam Kendaraan Otonom

Kendaraan otonom atau *self-driving cars*. Dengan memanfaatkan algoritma yang terinspirasi oleh cara kerja otak manusia, *deep learning* memungkinkan kendaraan untuk memahami lingkungan sekitar dan membuat keputusan yang aman saat berkendara. *Deep learning* memegang peran krusial dalam pengembangan kendaraan otonom, dengan memungkinkan kendaraan untuk memahami, memprediksi, dan bereaksi terhadap lingkungan sekitarnya.[25], [26]. Teknologi ini digunakan dalam pendeteksian objek seperti kendaraan, pejalan kaki, dan rambu lalu lintas melalui teknik *Convolutional Neural Networks* (CNN), serta segmentasi gambar untuk membedakan jalan, marka, dan rintangan [27], [28]. Selain itu, *deep learning* membantu kendaraan dalam memprediksi perilaku pengguna jalan lain, seperti kapan pejalan kaki mungkin menyeberang, dengan menggunakan model *Recurrent Neural Networks* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM).[29], [30] Selain mendukung persepsi visual, *deep learning* berperan dalam perencanaan gerak, pengambilan keputusan, dan integrasi data dari berbagai sensor seperti kamera, lidar, dan radar, sehingga kendaraan memiliki pemahaman yang lebih komprehensif tentang situasi di sekitarnya [31], [32]. Teknologi ini juga memungkinkan deteksi anomali untuk mengidentifikasi keadaan darurat serta memanfaatkan pemrosesan bahasa alami untuk fitur interaksi suara, memberikan pengalaman berkendara yang lebih aman dan responsif [33], [34], [35]. Tesla adalah salah satu contoh perusahaan yang menerapkan *deep learning* dalam mobil otonomnya. Mereka menggunakan hingga 8 kamera dan sistem radar untuk mengumpulkan data yang diperlukan untuk *computer vision* dan *decision making*. Data ini kemudian diproses oleh chip *Full Self Driving* (FSD) yang baru, yang mampu membuat keputusan secara mandiri [36].

3. *Predictive control*, keselamatan, dan adaptabilitas terhadap kondisi jalan

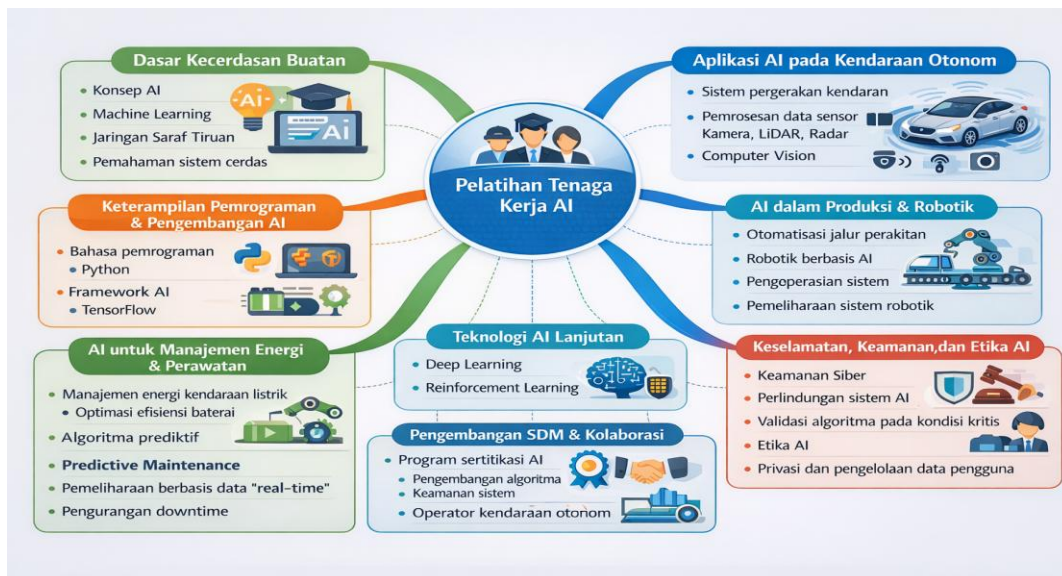
Predictive control pada kendaraan otonom adalah teknik kontrol yang menggunakan model prediktif untuk memproyeksikan perilaku kendaraan di masa depan berdasarkan informasi sensor dan data lingkungan yang ada. Metode ini, yang sering disebut *Model Predictive Control* (MPC), sangat berguna dalam mengoptimalkan kinerja dan keamanan kendaraan otonom, terutama dalam situasi kompleks atau dinamis seperti jalan raya atau area dengan banyak pejalan kaki [37], [38]. Dalam sistem prediktif, komputer kendaraan menghitung berbagai kemungkinan trajektori dan memilih yang terbaik sesuai dengan tujuan—biasanya untuk menghindari rintangan, menjaga jarak aman dari kendaraan lain, dan mematuhi aturan lalu lintas seperti pada gambar 2. Dengan algoritma ini, kendaraan otonom dapat memprediksi hingga beberapa detik ke depan, meminimalkan risiko kecelakaan dan memastikan perjalanan yang lebih aman [13], [39], [40].



Gambar 2. *Predictive control* pada kendaraan otonom [39]

MPC juga berperan dalam efisiensi energi dan manajemen daya, yang penting dalam kendaraan listrik otonom. Dengan memprediksi kebutuhan daya di masa depan berdasarkan kecepatan, medan, dan kondisi lalu lintas, sistem ini dapat menyesuaikan penggunaan energi, meningkatkan daya tahan baterai, dan mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan [41], [42], [43]. Teknologi kendaraan otonom menawarkan banyak manfaat, tetapi menghadapi tantangan signifikan yang perlu diatasi, seperti kualitas data, infrastruktur, serta isu keamanan dan etika. Kualitas dataset sangat penting untuk memastikan akurasi deteksi objek dan perencanaan jalur, karena data yang tidak memadai dapat mengarah pada kesalahan kritis. Di samping itu, pengumpulan dan penyimpanan data memerlukan infrastruktur teknologi canggih yang tidak murah. Aspek keamanan siber dan etika juga menjadi perhatian, terutama dalam menentukan tanggung jawab saat terjadi kecelakaan. Di masa depan, perkembangan deep learning diharapkan akan lebih fokus pada efisiensi model, mengurangi ketergantungan pada data, dan meningkatkan interpretabilitas keputusan yang dibuat oleh AI. Perkembangan ini berpotensi memperluas penerapan kendaraan otonom, mengurangi kecelakaan lalu lintas, dan mengubah paradigma kita tentang transportasi.

B. Ketrampilan tenaga kerja tentang kecerdasan buatan dalam industri Kendaraan otonom



Gambar 3. *Mind map* pelatihan tenaga kerja berbasis kecerdasan buatan di industri otomotif

Pada gambar 3 menunjukkan peta konsep pelatihan tenaga kerja berbasis kecerdasan buatan di industri otomotif yang mencakup kompetensi dasar AI, keterampilan pemrograman, dan penerapannya pada kendaraan otonom serta sistem produksi. Pelatihan meliputi pengembangan algoritma AI, pengelolaan energi dan *predictive*

maintenance, pemanfaatan teknologi lanjutan seperti *deep learning* dan *reinforcement learning*, serta penerapan AI dalam otomatisasi dan robotik industri. Selain aspek teknis, gambar ini juga menekankan pentingnya keselamatan, keamanan siber, etika AI, serta kolaborasi industri dan institusi pendidikan untuk menyiapkan tenaga kerja yang kompeten menghadapi teknologi kendaraan masa depan.

Pelatihan tenaga kerja tentang kecerdasan buatan (AI) dalam industri otomotif memerlukan pengembangan keterampilan dan kompetensi yang spesifik untuk menghadapi perkembangan teknologi otomotif. Para pekerja perlu memahami dasar-dasar AI, termasuk konsep-konsep pembelajaran mesin (*machine learning*) dan jaringan saraf tiruan. Mereka juga harus terampil dalam pengembangan dan pemrograman algoritma AI, menggunakan bahasa pemrograman seperti *Python* serta *framework* seperti *TensorFlow*, yang umum digunakan untuk membangun model AI. Selain itu, pemahaman mengenai aplikasi AI dalam sistem kendaraan otonom sangat penting, seperti penggunaan AI dalam pergerakan kendaraan, pemrosesan data dari sensor, dan teknologi komputer vision [44], [45].

AI memiliki peran besar dalam manajemen energi, terutama pada kendaraan listrik, dengan algoritma prediktif yang digunakan untuk mengoptimalkan efisiensi baterai. Pekerja juga harus dilatih untuk menggunakan AI dalam perawatan prediktif, yang memungkinkan pemeliharaan berbasis data real-time guna mengurangi downtime. Di sisi produksi, AI berperan dalam otomatisasi jalur perakitan dan penggunaan robotik berbasis AI, sehingga pekerja perlu menguasai teknik pengoperasian dan pemeliharaan sistem tersebut. Pelatihan teknis harus mencakup pengembangan algoritma AI, seperti teknik *deep learning* dan *reinforcement learning*, serta integrasi sistem AI ke dalam komponen kendaraan. Pelatihan juga harus mencakup simulasi dan pengujian AI dalam skenario jalan raya. Di samping itu, tenaga kerja harus dilatih dalam aspek keselamatan dan keamanan AI, seperti perlindungan sistem dari serangan siber, validasi algoritma dalam situasi berbahaya, serta pemahaman tentang etika AI dan pengelolaan data privasi pengguna.[46], [47], [48]

Untuk mendukung pengembangan tenaga kerja yang kompeten, program sertifikasi dalam berbagai aspek AI, seperti pengembangan algoritma, keamanan, dan sertifikasi khusus untuk operator kendaraan otonom, sangat diperlukan. Kolaborasi antara industri dan institusi pendidikan juga menjadi kunci, dengan program studi yang mengintegrasikan AI dan teknik otomotif, serta kesempatan magang dan pelatihan langsung di industri kendaraan otonom. Hal ini akan memastikan tenaga kerja memiliki keterampilan yang sesuai dengan kebutuhan teknologi kendaraan masa depan.

KESIMPULAN

Teknologi *machine learning* dan *deep learning* terbukti berperan fundamental dalam pengembangan kendaraan otonom, khususnya dalam mendukung sistem persepsi visual, pemetaan lingkungan, pengambilan keputusan adaptif, serta pengendalian prediktif. Namun demikian, implementasi teknologi ini masih dihadapkan pada berbagai tantangan, termasuk kualitas dan ketersediaan data, kebutuhan infrastruktur komputasi yang tinggi, serta isu keamanan dan etika yang perlu ditangani secara komprehensif. Ke depan, peningkatan efisiensi dan interpretabilitas model kecerdasan buatan diharapkan dapat mempercepat adopsi kendaraan otonom yang lebih aman, andal, dan efisien. Selain aspek teknologi, pengembangan sumber daya manusia yang kompeten menjadi faktor kunci keberhasilan, sehingga diperlukan program sertifikasi khusus, kurikulum pendidikan terintegrasi antara AI dan teknik otomotif, serta kolaborasi berkelanjutan antara industri dan institusi pendidikan melalui program magang dan pelatihan langsung agar tenaga kerja memiliki keterampilan yang selaras dengan kebutuhan teknologi kendaraan masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. S. Soegoto, R. D. Utami, and Y. A. Hermawan, "Influence of artificial intelligence in automotive industry," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1402, no. 6, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/6/066081.
- [2] O. Bungkundapu and G. N. Tayaya, "Exploring The Use Of Artificial Intelligence Technology In Improving

- Personalization Of Product Marketing Strategies : A Case Study On The Automotive Industry,” vol. 2, no. 2, pp. 66–72, 2023.
- [3] M. Rana and K. Hossain, “Connected and Autonomous Vehicles and Infrastructures : A Literature Review,” *Int. J. Pavement Res. Technol.*, vol. 16, no. 2, pp. 264–284, 2023, doi: 10.1007/s42947-021-00130-1.
- [4] F. Duarte, C. Ratti, and F. Duarte, “The Impact of Autonomous Vehicles on Cities : A Review The Impact of Autonomous Vehicles on Cities : A Review,” *J. Urban Technol.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–16, 2018, doi: 10.1080/10630732.2018.1493883.
- [5] M. Akhshik, A. Bilton, J. Tjong, C. V. Singh, O. Faruk, and M. Sain, “Prediction of greenhouse gas emissions reductions via machine learning algorithms: Toward an artificial intelligence-based life cycle assessment for automotive lightweighting,” *Sustain. Mater. Technol.*, vol. 31, no. December 2021, p. e00370, 2022, doi: 10.1016/j.susmat.2021.e00370.
- [6] M. Elahi, S. O. Afolaranmi, J. L. Martinez Lastra, and J. A. Perez Garcia, *A comprehensive literature review of the applications of AI techniques through the lifecycle of industrial equipment*, vol. 3, no. 1. Springer International Publishing, 2023. doi: 10.1007/s44163-023-00089-x.
- [7] E. Transparan, P. Zebua, and P. Rosyani, “Perancangan Deteksi Objek Kendaraan Bermotor Berbasis OpenCV Python menggunakan Metode HOG-SVM untuk Analisis Lalu Lintas Cerdas,” vol. 2, no. 1, pp. 16–26, 2024.
- [8] E. Morooka, A. M. Junior, T. F. A. C. Sigahi, and J. D. S. Pinto, “Deep Learning and Autonomous Vehicles : Strategic Themes , Applications , and Research Agenda Using SciMAT and Content-Centric Analysis , a Systematic Review,” pp. 763–781, 2023.
- [9] B. Patra and A. Mahalwar, “Deep Learning in Autonomous Vehicles : A Review,” vol. 11, no. 1, pp. 1686–1690, 2020.
- [10] I. O. P. C. Series and M. Science, “Application of Machine learning Algorithms in Autonomous Vehicles Navigation System Application of Machine learning Algorithms in Autonomous Vehicles Navigation System,” 2020, doi: 10.1088/1757-899X/912/6/062028.
- [11] T. M. Vu, R. Moezzi, J. Cyrus, and J. Hlava, “Model Predictive Control for Autonomous Driving Vehicles,” 2021.
- [12] V. Using, C. Inexpensive, and P. Control, “Battery Energy Management of Autonomous Electric Vehicles Using Computationally Inexpensive Model Predictive Control,” pp. 1–19, 2020, doi: 10.3390/electronics9081277.
- [13] S. Yu, M. Hirche, Y. Huang, H. Chen, and F. Allgöwer, “Model predictive control for autonomous ground vehicles : a review,” pp. 1–17, 2021.
- [14] M. Michałowska and M. Ogłodziński, “Autonomous Vehicles and Road Safety BT - Smart Solutions in Today’s Transport,” J. Mikulski, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 191–202.
- [15] R. Mariani, *An overview of autonomous vehicles safety*. 2018. doi: 10.1109/IRPS.2018.8353618.
- [16] S. M. Hosseinian and H. Mirzahosseini, “Efficiency and Safety of Traffic Networks Under the Effect of Autonomous Vehicles,” *Iran. J. Sci. Technol. Trans. Civ. Eng.*, vol. 48, no. 4, pp. 1861–1885, 2024, doi: 10.1007/s40996-023-01291-8.
- [17] P. Koopman and M. Wagner, “Autonomous Vehicle Safety: An Interdisciplinary Challenge | Philip Koopman | Pulse | LinkedIn,” *leeexplore.lee.org*, pp. 90–96, 2017, [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/autonomous-vehicle-safety-interdisciplinary-challenge-philip-koopman>
- [18] S. Lee *et al.*, “Intelligent traffic control for autonomous vehicle systems based on machine learning,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 144, p. 113074, 2020, doi: 10.1016/j.eswa.2019.113074.
- [19] S. Zheng, J. Wang, C. Rizos, W. Ding, and A. El-Mowafy, “Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) for Autonomous Driving: Concept and Analysis,” *Remote Sens.*, vol. 15, no. 4, pp. 1–41, 2023, doi: 10.3390/rs15041156.
- [20] Q. Zou, Q. Sun, L. Chen, B. Nie, and Q. Li, “A Comparative Analysis of LiDAR SLAM-Based Indoor Navigation for Autonomous Vehicles,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 23, no. 7, pp. 6907–6921, 2022, doi: 10.1109/TITS.2021.3063477.
- [21] J. Cheng, L. Zhang, Q. Chen, X. Hu, and J. Cai, “A review of visual SLAM methods for autonomous driving

- vehicles,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 114, no. October 2021, p. 104992, 2022, doi: 10.1016/j.engappai.2022.104992.
- [22] I. Budhiraja, N. Kumar, H. Sharma, M. Elhoseny, Y. Lakys, and J. Rodrigues, “Latency-Energy Tradeoff in Connected Autonomous Vehicles: A Deep Reinforcement Learning Scheme,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. PP, pp. 1–13, Jan. 2022, doi: 10.1109/TITS.2022.3215523.
- [23] S. Mozaffari, O. Y. Al-Jarrah, M. Dianati, P. Jennings, and A. Mouzakitis, “Deep Learning-Based Vehicle Behavior Prediction for Autonomous Driving Applications: A Review,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 23, no. 1, pp. 33–47, 2022, doi: 10.1109/TITS.2020.3012034.
- [24] K. Mason and S. Grijalva, “A review of reinforcement learning for autonomous building energy management,” *Comput. Electr. Eng.*, vol. 78, pp. 300–312, 2019, doi: 10.1016/j.compeleceng.2019.07.019.
- [25] Z. Zhu, Z. Hu, W. Dai, H. Chen, and Z. Lv, “Deep learning for autonomous vehicle and pedestrian interaction safety,” *Saf. Sci.*, vol. 145, no. April 2021, p. 105479, 2022, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105479.
- [26] J. Fayyad, M. A. Jaradat, D. Gruyer, and H. Najjaran, “Deep learning sensor fusion for autonomous vehicle perception and localization: A review,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 15, pp. 1–34, 2020, doi: 10.3390/s20154220.
- [27] D. Ramakrishnan and K. Radhakrishnan, “Applying Deep Convolutional Neural Network (DCNN) Algorithm in the Cloud Autonomous Vehicles Traffic Model,” *Int. Arab J. Inf. Technol.*, vol. 19, no. 2, pp. 186–194, 2022, doi: 10.34028/iajit/19/2/5.
- [28] S. Jana, Y. Tian, K. Pei, and B. Ray, “DeepTest: Automated testing of deep-neural-network-driven autonomous cars,” *Proc. - Int. Conf. Softw. Eng.*, vol. 2018-May, pp. 303–314, 2018, doi: 10.1145/3180155.3180220.
- [29] A. Khosroshahi, E. Ohn-Bar, and M. M. Trivedi, “Surround vehicles trajectory analysis with recurrent neural networks,” *IEEE Conf. Intell. Transp. Syst. Proceedings, ITSC*, pp. 2267–2272, 2016, doi: 10.1109/ITSC.2016.7795922.
- [30] Y. Jeong, “Interactive Lane Keeping System for Autonomous Vehicles Using LSTM-RNN Considering Driving Environments,” *Sensors*, vol. 22, no. 24, 2022, doi: 10.3390/s22249889.
- [31] Y. Li and J. Ibanez-guzman, “Lidar for Autonomous Driving,” no. July, pp. 50–61, 2020.
- [32] I. Bilik, O. Longman, S. Villeval, and J. Tabrikian, “The Rise of Radar for Autonomous Vehicles: Signal processing solutions and future research directions,” *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 36, no. 5, pp. 20–31, 2019, doi: 10.1109/MSP.2019.2926573.
- [33] D. J. Yeong, G. Velasco-hernandez, J. Barry, and J. Walsh, “Sensor and sensor fusion technology in autonomous vehicles: A review,” *Sensors*, vol. 21, no. 6, pp. 1–37, 2021, doi: 10.3390/s21062140.
- [34] J. Wang, L. Zhang, Y. Huang, and J. Zhao, “Safety of Autonomous Vehicles,” *J. Adv. Transp.*, vol. 2020, no. i, 2020, doi: 10.1155/2020/8867757.
- [35] C. B. S. T. Molina, J. R. De Almeida, L. F. Vismari, R. I. R. Gonzalez, J. K. Naufal, and J. B. Camargo, “Assuring Fully Autonomous Vehicles Safety by Design: The Autonomous Vehicle Control (AVC) Module Strategy,” *Proc. - 47th Annu. IEEE/IFIP Int. Conf. Dependable Syst. Networks Work. DSN-W 2017*, pp. 16–21, 2017, doi: 10.1109/DSN-W.2017.14.
- [36] K. Nived Maanyu, D. Goutham Raj, R. Vamsi Krishna, and S. Bhargava Choubey, “A Study on Tesla Autopilot,” *Issue*, vol. 171, no. 171, p. 1, 2020, [Online]. Available: www.ijsspr.com
- [37] S. L. Lin and B. C. Lin, “Enhancing Safety in Autonomous Vehicle Navigation: An Optimized Path Planning Approach Leveraging Model Predictive Control,” *Comput. Mater. Contin.*, vol. 80, no. 3, pp. 3555–3572, 2024, doi: 10.32604/cmc.2024.055456.
- [38] C. Guo, J. Mu, J. Zhang, and L. Heng, “Model Predictive Control Based Path Planner Design for On-road Autonomous Tractor Trailer Vehicles,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 58, no. 18, pp. 59–64, 2024, doi: 10.1016/j.ifacol.2024.09.010.
- [39] C. Liu, S. Lee, S. Varnhagen, and H. E. Tseng, “Path planning for autonomous vehicles using model predictive control,” *IEEE Intell. Veh. Symp. Proc.*, no. Iv, pp. 174–179, 2017, doi: 10.1109/IVS.2017.7995716.
- [40] T. Xu and H. Yuan, “Autonomous vehicle active safety system based on path planning and predictive control,” *Chinese Control Conf. CCC*, vol. 2016-Augus, pp. 8889–8895, 2016, doi:

10.1109/ChiCC.2016.7554777.

- [41] D. Fényes, B. Németh, and P. Gáspár, "A predictive control for autonomous vehicles using big data analysis," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 5, pp. 191–196, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.09.031.
- [42] X. Shang, J. Wang, and Y. Zheng, "Smoothing Mixed Traffic with Robust Data-driven Predictive Control for Connected and Autonomous Vehicles," in *2024 American Control Conference (ACC)*, 2024, pp. 2266–2272. doi: 10.23919/ACC60939.2024.10645044.
- [43] Y. Liang, Y. Li, A. Khajepour, Y. Huang, Y. Qin, and L. Zheng, "A Novel Combined Decision and Control Scheme for Autonomous Vehicle in Structured Road Based on Adaptive Model Predictive Control," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 23, no. 9, pp. 16083–16097, 2022, doi: 10.1109/TITS.2022.3147972.
- [44] E. Filippi, M. Bannò, and S. Trento, "Automation technologies and their impact on employment: A review, synthesis and future research agenda," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 191, no. March, 2023, doi: 10.1016/j.techfore.2023.122448.
- [45] R. Bukartaite and D. Hooper, "Automation, artificial intelligence and future skills needs: an Irish perspective," *Eur. J. Train. Dev.*, vol. 47, no. 10, pp. 163–185, 2023, doi: 10.1108/EJTD-03-2023-0045.
- [46] S. K. Baral, R. C. Rath, R. Goel, and T. Singh, "Role of Digital Technology and Artificial Intelligence for Monitoring Talent Strategies to Bridge the Skill Gap," in *2022 International Mobile and Embedded Technology Conference (MECON)*, 2022, pp. 582–587. doi: 10.1109/MECON53876.2022.9751837.
- [47] L. Babashahi *et al.*, "AI in the Workplace: A Systematic Review of Skill Transformation in the Industry," *Adm. Sci.*, vol. 14, no. 6, 2024, doi: 10.3390/admsci14060127.
- [48] A. Jurczuk and A. Florea, "Future-Oriented Digital Skills for Process Design and Automation," *Hum. Technol.*, vol. 18, no. 2, pp. 122–142, 2022, doi: 10.14254/1795-6889.2022.18-2.3.