



## Pertanggungjawaban Pidana terhadap Kecelakaan Kendaraan Otonom dalam Era Disrupsi Teknologi: Studi Perbandingan Hukum Indonesia, Inggris dan Jerman

Sigit Eko Prabowo <sup>1\*</sup>, Wuri Widyasti <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dosen Program Studi Ilmu Hukum, Universitas Muria Kudus, Jawa Tengah, Indonesia

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Ilmu Hukum, Universitas Muria Kudus, Jawa Tengah, Indonesia

\*Corresponding Author: [sigit.prabowo@umk.ac.id](mailto:sigit.prabowo@umk.ac.id)

**Abstrak:** Perkembangan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) telah melahirkan kendaraan otonom yang mampu beroperasi tanpa kendali langsung manusia. Kemajuan teknologi ini membawa implikasi serius terhadap sistem hukum pidana, khususnya terkait penentuan pertanggungjawaban pidana ketika terjadi kecelakaan akibat kegagalan sistem teknologi. Penelitian ini bertujuan menganalisis dilema pertanggungjawaban pidana kecelakaan kendaraan otonom dalam perspektif hukum pidana Indonesia melalui pendekatan komparatif dengan sistem hukum Inggris dan Jerman. Penelitian menggunakan metode yuridis normatif dengan pendekatan perundang-undangan, konseptual, dan komparatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hukum pidana Indonesia masih berorientasi pada paradigma *anthropocentric liability* yang menempatkan manusia sebagai subjek utama pertanggungjawaban pidana. Kondisi tersebut menimbulkan kekosongan hukum ketika kecelakaan disebabkan oleh keputusan mandiri sistem AI. Negara-negara lain telah mengembangkan model pertanggungjawaban pidana yang berbeda untuk menjawab persoalan hukum akibat penggunaan kendaraan otonom. Inggris mengatur pertanggungjawaban kecelakaan kendaraan otonom melalui pendekatan perlindungan korban dan perluasan tanggung jawab korporasi. Melalui *Automated and Electric Vehicles Act 2018*, korban kecelakaan tetap memperoleh kompensasi dari perusahaan asuransi ketika kendaraan berjalan dalam mode otomatis. Dalam aspek pidana, Inggris tetap berpegang pada unsur kesalahan dengan menerapkan konsep *gross negligence manslaughter* dan *corporate manslaughter* terhadap produsen atau korporasi yang lalai dalam memastikan keamanan sistem AI kendaraan otonom. Sementara itu, Jerman mengembangkan model *corporate liability* dan pengawasan berbasis risiko dengan mewajibkan keberadaan sistem kontrol manusia, pencatatan data kendaraan (*black box*), serta tanggung jawab korporasi atas kegagalan sistem kecerdasan buatan dalam kendaraan otonom. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa Indonesia perlu melakukan pembaruan hukum pidana melalui pembentukan regulasi khusus kendaraan otonom, pengembangan sistem pertanggungjawaban berbasis risiko, perluasan konsep pertanggungjawaban korporasi, serta pembangunan mekanisme audit algoritma sebagai instrumen pembuktian pidana.

**Kata Kunci:** Kendaraan Otonom, Kecerdasan Buatan, Pertanggungjawaban Pidana, Hukum Pidana Indonesia.

**Abstract:** The development of Artificial Intelligence (AI) has led to the emergence of autonomous vehicles capable of operating without direct human control. This technological advancement has created significant implications for criminal law systems, particularly regarding the determination of criminal liability in accidents caused by technological system

failures. This study aims to analyze the dilemma of criminal liability in autonomous vehicle accidents from the perspective of Indonesian criminal law through a comparative approach with the legal systems of the United Kingdom and Germany. The research employs a normative juridical method using statutory, conceptual, and comparative approaches.

The findings indicate that Indonesian criminal law remains oriented toward the paradigm of anthropocentric liability, which places humans as the primary subject of criminal responsibility. This condition creates a legal vacuum when accidents are caused by autonomous decisions made by AI systems. Other countries have developed different models of criminal liability to address legal issues arising from the use of autonomous vehicles. The United Kingdom regulates liability for autonomous vehicle accidents through a victim protection approach and the expansion of corporate responsibility. Through the Automated and Electric Vehicles Act 2018, accident victims are entitled to compensation from insurance companies when vehicles operate in automated mode. In criminal law, the United Kingdom maintains the fault-based principle by applying the concepts of gross negligence manslaughter and corporate manslaughter to manufacturers or corporations that fail to ensure the safety of autonomous vehicle AI systems. Meanwhile, Germany has developed a model of corporate liability and risk-based supervision by requiring human control systems, vehicle data recording systems (black boxes), and corporate accountability for failures of AI systems in autonomous vehicles. This comparison demonstrates that Indonesia needs to reform its criminal law through the establishment of specific regulations on autonomous vehicles, the development of a risk-based liability system, the expansion of corporate criminal liability, and the implementation of algorithm audit mechanisms as instruments of criminal evidence.

**Keywords:** Autonomous Vehicles, Artificial Intelligence, Criminal Liability, Indonesian Criminal Law.

## PENDAHULUAN

Perkembangan Revolusi Industri 5.0 telah membawa perubahan mendasar terhadap relasi antara manusia, teknologi, dan sistem hukum (Zaidir, 2026). Digitalisasi yang didukung kecerdasan buatan telah menciptakan berbagai inovasi yang sebelumnya sulit dibayangkan, salah satunya adalah kendaraan otonom (*autonomous vehicles*). Kendaraan ini mampu beroperasi secara mandiri melalui integrasi *artificial intelligence*, machine learning, sensor, radar, kamera, dan sistem pengambilan keputusan otomatis tanpa intervensi langsung manusia (Noviati *et al.*, 2024). Kehadiran kendaraan otonom dipandang sebagai solusi atas tingginya angka kecelakaan lalu lintas akibat kelalaian manusia (*human error*) yang selama ini menjadi penyebab dominan kecelakaan di berbagai negara.

Di balik manfaat tersebut, kendaraan otonom justru menghadirkan problematika hukum baru yang kompleks, khususnya dalam bidang hukum pidana. Persoalan utama muncul ketika kendaraan otonom mengalami kecelakaan yang menyebabkan kematian, luka berat, atau kerugian materiil akibat kegagalan sistem teknologi. Dalam situasi demikian, timbul pertanyaan mengenai siapa yang harus dimintai pertanggungjawaban pidana. Apakah tanggung jawab dibebankan kepada pengguna kendaraan, produsen kendaraan, pengembang perangkat lunak, operator sistem, atau bahkan sistem AI itu sendiri. Permasalahan ini menunjukkan bahwa perkembangan teknologi bergerak lebih cepat dibanding perkembangan hukum positif (Corrales, Fenwick and Forgó., 2017).

Dalam hukum pidana Indonesia, pertanggungjawaban pidana dibangun atas asas *geen straf zonder schuld* atau tiada pidana tanpa kesalahan. Asas ini menghendaki adanya hubungan antara perbuatan pidana (*actus reus*) dan kesalahan pelaku (*mens rea*) (Ar *et al.*, 2024). Dengan demikian, seseorang hanya dapat dipidana apabila terbukti memiliki unsur

kesengajaan (*dolus*) atau kelalaian (*culpa*). Paradigma tersebut pada dasarnya menempatkan manusia sebagai subjek utama pertanggungjawaban pidana karena hanya manusia yang dianggap memiliki kesadaran moral dan kehendak bebas (Mulyati, Santoso and Daniel, 2017).

Problematisa muncul ketika konsep klasik tersebut dihadapkan pada teknologi AI yang mampu mengambil keputusan secara mandiri. Sistem AI memang dapat melakukan analisis data, menentukan arah kendaraan, mengidentifikasi hambatan, dan mengambil keputusan dalam hitungan detik, tetapi AI tidak memiliki kesadaran hukum maupun kemampuan moral sebagaimana manusia. Oleh sebab itu, ketika terjadi kecelakaan akibat kesalahan algoritma atau kegagalan sensor, muncul kekebalan mengenai pihak yang harus bertanggung jawab secara pidana. Kondisi ini memperlihatkan adanya krisis konseptual dalam hukum pidana modern di era disrupsi teknologi (Shestak and Shiryayev, 2020).

Dalam konteks hukum nasional, Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan masih didasarkan pada asumsi bahwa kendaraan selalu dikendalikan manusia. Demikian pula Kitab Undang-Undang Hukum Pidana Baru melalui Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2023 memang telah mengakui korporasi sebagai subjek hukum pidana, tetapi belum mengatur secara eksplisit pertanggungjawaban pidana berbasis teknologi kecerdasan buatan (Sriwidodo and Tumanggor, 2024). Akibatnya, apabila kecelakaan kendaraan otonom terjadi di Indonesia, aparat penegak hukum akan menghadapi kesulitan dalam menentukan konstruksi pertanggungjawaban pidana yang tepat. Berbeda dengan Indonesia, beberapa negara maju telah mulai mengantisipasi perkembangan kendaraan otonom melalui pembentukan regulasi khusus. Inggris melalui *Automated and Electric Vehicles Act 2018* dan Jerman melalui perubahan *Road Traffic Act*. Pergeseran paradigma ini menurut Maduranga (Maduranga, 2022) menunjukkan bahwa hukum modern mulai bergerak dari pendekatan *individual liability* menuju *risk-based liability* yang menitikberatkan pada pengendalian risiko teknologi.

Menurut Satjipto Rahardjo, hukum tidak boleh dipahami semata-mata sebagai seperangkat aturan yang bersifat formalistik dan kaku, melainkan sebagai instrumen sosial yang harus mampu melayani manusia serta menyesuaikan diri dengan dinamika perkembangan masyarakat (Sulaiman, 2023). Dalam konteks perkembangan teknologi digital dan munculnya fenomena kendaraan otonom, kecerdasan buatan, serta sistem otomatisasi lainnya, pandangan hukum progresif menjadi relevan karena hukum pidana nasional dihadapkan pada bentuk-bentuk perbuatan baru yang belum sepenuhnya terakomodasi dalam konstruksi pertanggungjawaban pidana konvensional.

Akan tetapi, penerapan hukum progresif dalam hukum pidana materiil tidak dapat dilakukan secara bebas tanpa batas, sebab hukum pidana tetap terikat pada asas legalitas (*nullum crimen sine lege*) yang mensyaratkan bahwa suatu perbuatan hanya dapat dipidana apabila telah diatur terlebih dahulu dalam undang-undang (Iskandar *et al.*, 2024). Oleh karena itu, hukum progresif tidak dimaksudkan untuk meniadakan asas legalitas, melainkan mendorong penafsiran hukum yang lebih adaptif dan responsif terhadap perkembangan sosial serta teknologi tanpa mengabaikan kepastian hukum. Dalam kerangka ini, pembaruan hukum pidana Indonesia perlu diarahkan pada reformulasi norma pertanggungjawaban pidana yang mampu menjangkau subjek dan pola kesalahan baru akibat disrupsi teknologi, misalnya melalui perluasan konsep kelalaian, tanggung jawab korporasi, maupun *strict liability* terhadap pihak-pihak yang mengendalikan sistem teknologi berisiko tinggi. Dengan demikian, menurut Judijanto (Judijanto, 2025) hukum progresif berfungsi sebagai pendekatan interpretatif dan pembentuk kebijakan hukum (*legal policy*) agar hukum pidana tetap relevan menghadapi perkembangan teknologi, namun tetap berada dalam koridor asas legalitas dan perlindungan hak asasi manusia.

Lebih lanjut, pandangan tersebut perlu dianalisis secara kritis dengan memperhatikan

perkembangan literatur mutakhir. Misalnya, Zaidir (Zaidir, 2026) menegaskan bahwa kekakuan asas legalitas dalam hukum pidana modern sering kali menimbulkan keterlambatan hukum dalam merespons inovasi teknologi digital yang berkembang lebih cepat dibanding proses legislasi. Namun demikian, pendapat tersebut tidak dapat dimaknai sebagai pembenaran untuk melakukan kriminalisasi melalui analogi yang dilarang dalam hukum pidana. Sebaliknya, gagasan tersebut menunjukkan perlunya pembentuk undang-undang melakukan pembaruan norma secara *anticipatory legislation* agar tidak terjadi kekosongan hukum. Sementara itu, Setiawan dan Fadlia (Setiawan and Fadlia, 2026) berpendapat bahwa pendekatan hukum progresif dapat menjadi dasar pembentukan model pertanggungjawaban pidana baru dalam kasus kecelakaan kendaraan otonom, khususnya dengan menggeser fokus pertanggungjawaban dari pelaku individual menuju aktor yang memiliki kontrol teknologi, seperti produsen perangkat lunak, pengembang sistem AI, maupun korporasi operator kendaraan. Akan tetapi, argumentasi tersebut juga perlu dibatasi agar tidak menimbulkan ketidakpastian hukum terhadap batas-batas kesalahan pidana. Oleh sebab itu, penerapan hukum progresif dalam hukum pidana harus tetap menempatkan asas legalitas sebagai fondasi utama, sedangkan sifat progresifnya diarahkan pada pembaruan legislasi, penafsiran sistematis, dan pengembangan doktrin pertanggungjawaban pidana yang lebih kontekstual terhadap perkembangan masyarakat digital.

Penelitian ini menjadi penting karena Indonesia belum memiliki regulasi khusus mengenai kendaraan otonom, padahal perkembangan teknologi transportasi berbasis AI terus mengalami percepatan secara global. Kekosongan hukum tersebut berpotensi menimbulkan ketidakpastian hukum baik bagi korban kecelakaan, aparat penegak hukum, maupun industri teknologi yang akan menanamkan modalnya di Indonesia. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan menganalisis secara komprehensif dilema pertanggungjawaban pidana kecelakaan kendaraan otonom dalam perspektif hukum pidana Indonesia melalui pendekatan konseptual dan komparatif.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode yuridis normatif dengan pendekatan perundang-undangan, konseptual, dan komparatif. Pendekatan perundang-undangan dilakukan dengan menelaah regulasi terkait hukum pidana, lalu lintas, pertanggungjawaban korporasi, dan teknologi kecerdasan buatan. Pendekatan konseptual digunakan untuk menganalisis teori pertanggungjawaban pidana, asas kesalahan, *strict liability*, *product liability*, serta perkembangan subjek hukum dalam hukum pidana modern. Adapun pendekatan komparatif dilakukan dengan membandingkan regulasi kendaraan otonom di Inggris dan Jerman sebagai negara yang telah memiliki pengaturan lebih maju terkait pertanggungjawaban pidana kendaraan berbasis AI.

Pemilihan Inggris dan Jerman sebagai perbandingan didasarkan pada perkembangan regulasi kendaraan otonom yang cukup signifikan pada kedua negara tersebut. Jerman telah mengubah *Road Traffic Act (StVG)* untuk memberikan dasar hukum penggunaan kendaraan otonom tingkat lanjut dengan tetap menekankan pengawasan manusia. Sementara itu, Inggris melalui *Automated and Electric Vehicles Act 2018* mengembangkan pendekatan yang lebih progresif dengan melibatkan perusahaan asuransi dan produsen teknologi dalam perlindungan korban kecelakaan kendaraan otonom. Perbandingan kedua negara tersebut memberikan gambaran mengenai model regulasi yang dapat menjadi rujukan pembaruan hukum di Indonesia.

Bahan hukum primer terdiri atas KUHP Baru, Undang-Undang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, serta regulasi asing terkait kendaraan otonom. Bahan hukum sekunder diperoleh dari buku, jurnal, dan hasil penelitian. Analisis dilakukan secara kualitatif dengan

menafsirkan norma hukum dan mengaitkannya dengan perkembangan teknologi AI serta kebutuhan pembaruan sistem pertanggungjawaban pidana di era digital.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konsep Pertanggungjawaban Pidana dalam Hukum Indonesia

Dalam doktrin hukum pidana Indonesia, pertanggungjawaban pidana merupakan konsekuensi yuridis atas adanya tindak pidana yang dilakukan oleh subjek hukum yang mampu bertanggung jawab. Konsep tersebut berkaitan erat dengan asas kesalahan (*schuldbeginsel*) yang menempatkan unsur kesalahan sebagai syarat utama ppidanaan (Retnowinarni, 2019). Menurut Roeslan Saleh, seseorang hanya dapat dipidana apabila memenuhi unsur kemampuan bertanggung jawab, melakukan perbuatan melawan hukum, dan memiliki kesalahan berupa kesengajaan maupun kelalaian (Yuflikhati *et al.*, 2025).

Konsep pertanggungjawaban pidana tersebut dibangun dalam paradigma hukum pidana klasik yang berorientasi pada manusia sebagai pelaku tindak pidana. Oleh sebab itu, perkembangan teknologi AI yang mampu mengambil keputusan secara mandiri menimbulkan benturan konseptual dengan konstruksi hukum pidana tradisional (Abdelkarim and Maher, 2025). Dalam kendaraan otonom, keputusan untuk mengerem, mempercepat kendaraan, berbelok, maupun menentukan prioritas keselamatan dilakukan berdasarkan analisis algoritma dan pemrosesan data otomatis tanpa campur tangan manusia secara langsung (Li, 2023).

Permasalahan pertanggungjawaban pidana dalam kecelakaan kendaraan otonom menjadi semakin kompleks ketika sistem kecerdasan buatan (*artificial intelligence/AI*) melakukan kesalahan pengambilan keputusan yang mengakibatkan kerugian atau kematian. Dalam konteks hukum pidana, kondisi tersebut menimbulkan kesulitan dalam menentukan unsur *actus reus* dan *mens rea* sebagai elemen utama pertanggungjawaban pidana (Saud, 2024). Teknologi AI memang dapat menghasilkan tindakan yang menimbulkan akibat hukum, seperti salah membaca objek jalan, gagal mendeteksi pejalan kaki, atau melakukan manuver yang membahayakan kendaraan lain. Akan tetapi, AI tidak memiliki kesadaran moral, kehendak bebas, maupun niat jahat sebagaimana manusia. Oleh karena itu, hingga saat ini AI belum dapat diposisikan sebagai subjek hukum pidana dalam sistem hukum Indonesia yang masih menempatkan manusia dan korporasi sebagai subjek utama pertanggungjawaban pidana.

Walaupun demikian, persoalan tersebut tidak dapat digeneralisasi secara sederhana dengan langsung membebaskan tanggung jawab pidana kepada pengguna kendaraan. Analisis pertanggungjawaban pidana perlu dibedakan berdasarkan tingkat otonomi kendaraan sebagaimana klasifikasi *Society of Automotive Engineers* (SAE) dari Level 1 hingga Level 5 (Zhan, Wan and Huang, 2020). Pada kendaraan otonom Level 1 dan Level 2, sistem kendaraan hanya memberikan bantuan tertentu seperti *adaptive cruise control* atau *lane keeping assistance*, sedangkan pengemudi manusia tetap memiliki kendali utama dan kewajiban untuk selalu siaga mengambil alih kendaraan (Zhan, Wan and Huang, 2020). Dalam kondisi ini, pertanggungjawaban pidana masih relevan dibebankan kepada pengemudi apabila terjadi kelalaian karena pengemudi tetap memiliki kontrol efektif terhadap kendaraan. Misalnya, pengemudi yang lalai memperhatikan jalan karena terlalu bergantung pada fitur autopilot masih dapat dimintai pertanggungjawaban berdasarkan asas kesalahan (*culpability principle*) (Zurkinden, 2020).

Berbeda halnya dengan kendaraan otonom Level 3, di mana sistem AI sudah mampu mengambil keputusan mengemudi dalam kondisi tertentu, tetapi manusia masih diminta mengambil alih ketika sistem memberikan peringatan. Pada level ini, pertanggungjawaban pidana menjadi lebih kompleks karena terdapat pembagian kendali antara manusia dan sistem AI. Kesalahan dapat timbul akibat keterlambatan manusia merespons peringatan sistem atau

justru akibat kegagalan sistem memberikan notifikasi secara tepat. Oleh sebab itu, menurut Zhan (Zhan, Wan and Huang, 2020) analisis hukum pidana pada Level 3 memerlukan pendekatan yang lebih fleksibel dengan melihat siapa pihak yang memiliki kontrol dominan pada saat kecelakaan terjadi.

Sementara itu, pada kendaraan otonom Level 4 dan Level 5, manusia pada prinsipnya tidak lagi memiliki kendali langsung terhadap operasional kendaraan karena seluruh proses pengambilan keputusan dilakukan secara otomatis oleh sistem AI (Zhan, Wan and Huang, 2020). Bahkan pada Level 5, kendaraan dapat beroperasi sepenuhnya tanpa pengemudi manusia dalam segala kondisi jalan. Dalam situasi demikian, membebaskan pertanggungjawaban pidana kepada pengguna kendaraan menjadi problematis dan berpotensi bertentangan dengan prinsip *geen straf zonder schuld* atau tiada pidana tanpa kesalahan.

Pengguna tidak lagi memiliki kemampuan nyata untuk mencegah kecelakaan apabila kegagalan terjadi akibat kesalahan sensor, cacat perangkat lunak, atau algoritma AI yang keliru dalam melakukan *autonomous decision-making*. Oleh karena itu, pada level otonomi tinggi, pertanggungjawaban pidana lebih tepat diarahkan kepada pihak yang memiliki kontrol terhadap desain, pengembangan, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem teknologi, seperti produsen kendaraan, pengembang perangkat lunak, atau korporasi operator sistem AI.

Upaya rekonstruksi pertanggungjawaban pidana secara progresif terkait kecelakaan kendaraan otonom menjadi sangat penting di Indonesia, karena pada dasarnya instrumen hukum tersebut memang sangat dibutuhkan dalam perkembangan teknologi seperti sekarang. Pandangan ini sesuai dengan perspektif hukum progresif dikemukakan oleh Satjipto Rahardjo sebagaimana dikutip oleh Hendra (Hendra, Afrita and Putra, 2025) yang menegaskan bahwa hukum pidana harus bersifat dinamis dan adaptif terhadap perkembangan masyarakat agar tetap relevan sebagai instrumen perlindungan sosial.

Pandangan tersebut menjadi penting dalam menghadapi perkembangan kendaraan otonom yang telah menggeser pola relasi antara manusia, teknologi, dan tanggung jawab hukum. Oleh sebab itu, perkembangan kendaraan otonom menuntut reinterpretasi terhadap konsep pertanggungjawaban pidana, khususnya dengan mempertimbangkan tingkat otonomi kendaraan, distribusi kontrol teknologi, serta kemungkinan pengembangan model pertanggungjawaban baru yang tidak semata-mata berorientasi pada pelaku individual, tetapi juga pada aktor teknologi dan korporasi yang mengendalikan sistem AI.

### **Tantangan Pertanggungjawaban Pidana Kendaraan Otonom**

Salah satu tantangan terbesar dalam pertanggungjawaban pidana kendaraan otonom adalah penentuan pihak yang paling bertanggung jawab ketika terjadi kecelakaan. Dalam sistem kendaraan konvensional, tanggung jawab umumnya dibebankan kepada pengemudi sebagai pihak yang mengendalikan kendaraan. Akan tetapi, dalam kendaraan otonom, fungsi pengendalian telah berpindah kepada sistem AI. Hal ini menyebabkan konsep “pengemudi” dalam hukum lalu lintas menjadi kabur dan tidak lagi relevan secara penuh.

Dalam praktiknya, kecelakaan kendaraan otonom dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kesalahan algoritma, kegagalan sensor, cacat perangkat lunak, serangan siber (*cyber attack*), maupun kegagalan pembaruan sistem (*software update*) (Hue, 2022). Kompleksitas tersebut menyebabkan pertanggungjawaban pidana tidak lagi bersifat individual, melainkan melibatkan banyak pihak secara simultan, termasuk produsen kendaraan, pengembang perangkat lunak, perusahaan teknologi, dan operator sistem.

Selain itu, sistem AI memiliki karakteristik *black box*, yaitu proses pengambilan keputusan algoritma yang sulit dipahami secara transparan oleh manusia (Carabantes, 2020). Dalam hukum pidana, kondisi tersebut menimbulkan kesulitan pembuktian karena aparat penegak hukum harus membuktikan hubungan kausal antara kegagalan sistem dengan akibat yang ditimbulkan. Tidak adanya transparansi algoritma berpotensi menghambat proses

penyidikan maupun pembuktian di pengadilan.

Perspektif viktimologi juga menunjukkan bahwa korban kecelakaan kendaraan otonom berpotensi mengalami ketidakpastian perlindungan hukum. Dalam sistem hukum pidana konvensional, korban memperoleh kepastian mengenai siapa pelaku yang harus bertanggung jawab. Akan tetapi, dalam kasus kendaraan otonom, proses penentuan pelaku dapat berlangsung sangat kompleks dan memakan waktu lama. Kondisi ini berpotensi merugikan korban karena proses pemulihan hak menjadi tertunda.

Menurut Lawrence M. Friedman, efektivitas hukum dipengaruhi oleh substansi hukum, struktur hukum, dan budaya hukum (Suteki and Taufani, 2018). Dalam konteks kendaraan otonom, ketiga unsur tersebut menghadapi tantangan serius. Substansi hukum Indonesia belum mengatur kendaraan otonom secara khusus, struktur penegakan hukum belum memiliki kapasitas teknologis yang memadai, dan budaya hukum masyarakat masih berorientasi pada paradigma kendaraan konvensional.

### **Pengaturan Pertanggungjawaban Pidana Dalam Kecelakaan Kendaraan Otonom di Inggris**

Pengaturan kendaraan otonom di Inggris menunjukkan adanya perkembangan penting dalam cara hukum merespons disrupsi teknologi kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Inggris menjadi salah satu negara yang relatif progresif melalui pembentukan *Automated and Electric Vehicles Act 2018* (AEV Act 2018) yang dirancang untuk memberikan kepastian hukum terhadap penggunaan kendaraan otonom di jalan raya. Namun kiranya dalam menganalisis regulasi tersebut perlu dibedakan secara tegas antara rezim pertanggungjawaban perdata dan pertanggungjawaban pidana. Hal ini penting karena sebagian besar ketentuan dalam AEV Act 2018 sebenarnya lebih berorientasi pada mekanisme kompensasi korban melalui hukum asuransi, bukan secara langsung mengatur pidana terhadap pelaku kecelakaan kendaraan otonom.

Dalam sistem hukum konvensional Inggris, kecelakaan lalu lintas pada umumnya didasarkan pada paradigma *driver liability*, yakni pengemudi manusia dipandang sebagai pihak utama yang bertanggung jawab atas kerugian yang timbul di jalan raya (Rosemadi, Khong and Radhakrishnan, 2022). Model tersebut masih relevan pada kendaraan konvensional maupun kendaraan semi-otonom tingkat rendah (SAE Level 1 dan Level 2), karena manusia tetap memiliki kontrol dominan terhadap kendaraan. Namun, menurut Wang (Wang *et al.*, 2022) perkembangan kendaraan otonom tingkat tinggi (Level 4 dan Level 5) menimbulkan persoalan baru karena kendaraan dapat mengambil keputusan secara mandiri melalui sistem AI tanpa intervensi manusia secara langsung. Dalam kondisi demikian, kecelakaan tidak selalu disebabkan oleh kelalaian pengguna, melainkan dapat terjadi akibat kegagalan sensor, kesalahan algoritma, cacat perangkat lunak, atau kegagalan pembaruan sistem kendaraan.

Persoalan tersebut mendorong Inggris membentuk AEV Act 2018 dengan pendekatan *victim-oriented approach*. Melalui Pasal 2 AEV Act 2018, perusahaan asuransi diwajibkan memberikan kompensasi secara langsung kepada korban apabila kecelakaan terjadi ketika kendaraan sedang dalam mode *driving itself* (Channon, 2019). Pendekatan ini pada dasarnya merupakan bentuk *risk allocation mechanism* dalam hukum perdata dan asuransi. Negara tidak lagi membebani korban untuk membuktikan secara teknis siapa pihak yang bersalah sebelum memperoleh ganti rugi. Dalam praktik kendaraan otonom, pembuktian teknis mengenai kesalahan algoritma atau kegagalan sistem AI sangat sulit dilakukan oleh masyarakat umum. Oleh karena itu, regulasi Inggris berupaya memastikan bahwa korban tetap memperoleh perlindungan hukum secara cepat dan efektif tanpa harus melalui proses litigasi yang panjang. Akan tetapi, penting ditegaskan bahwa mekanisme tersebut tidak identik dengan pertanggungjawaban pidana. Kewajiban perusahaan asuransi membayar

kompensasi tidak berarti perusahaan asuransi diposisikan sebagai pelaku tindak pidana. Mekanisme tersebut semata-mata merupakan instrumen pemulihan hak korban (*civil compensation mechanism*). Dengan demikian, *AEV Act 2018* lebih tepat dipahami sebagai pengaturan distribusi risiko dalam ranah hukum perdata, sedangkan persoalan pidana tetap tunduk pada prinsip-prinsip umum hukum pidana Inggris (*English criminal law*).

Walaupun demikian, jika dilihat dalam perspektif hukum pidana Inggris, pertanggungjawaban pidana atas kecelakaan kendaraan otonom yang menyebabkan kematian tetap memerlukan pembuktian unsur kesalahan (*fault element*) (Dong, 2025). Oleh sebab itu, ketika terjadi fatalitas akibat kegagalan kendaraan otonom, penegak hukum Inggris dapat menggunakan konstruksi *gross negligence manslaughter* atau *corporate manslaughter* terhadap pihak yang dianggap memiliki kontrol dan kewajiban kehati-hatian terhadap sistem teknologi tersebut (Alkhatreh and Al-Balawi, 2026). Pendekatan ini menunjukkan bahwa hukum pidana Inggris tidak mengalihkan kesalahan kepada AI sebagai entitas teknologi, melainkan tetap mencari pihak manusia atau korporasi yang memiliki hubungan kausal dan kesalahan dalam pengembangan maupun pengoperasian teknologi kendaraan otonom.

Doktrin *gross negligence manslaughter* dapat diterapkan apabila terdapat kelalaian berat (*gross negligence*) yang menyebabkan kematian seseorang (Alkhatreh and Al-Balawi, 2026). Dalam konteks kendaraan otonom, misalnya produsen kendaraan atau pengembang perangkat lunak mengetahui adanya cacat serius pada sistem navigasi atau algoritma pengambilan keputusan AI, tetapi tetap memasarkan kendaraan tanpa melakukan perbaikan yang layak. Apabila kelalaian tersebut kemudian menyebabkan kematian pengguna jalan, maka perusahaan atau individu yang bertanggung jawab dapat dipandang telah melanggar *duty of care* secara serius (Anam and Chumaida, 2023). Dengan demikian, dasar pembedanya bukan terletak pada “kesalahan AI”, melainkan pada kelalaian manusia atau korporasi dalam memastikan keamanan teknologi yang mereka produksi.

Selain itu, Inggris juga mengenal *Corporate Manslaughter and Corporate Homicide Act 2007* yang memungkinkan korporasi dipidana apabila kematian terjadi akibat kegagalan serius dalam manajemen organisasi perusahaan (Roper, 2018). Regulasi ini menjadi penting dalam konteks kendaraan otonom karena teknologi AI pada dasarnya dikembangkan dan dikendalikan oleh korporasi besar yang memiliki tanggung jawab terhadap keamanan produknya. Apabila perusahaan gagal menerapkan standar keamanan, gagal melakukan pengujian sistem secara memadai, atau mengabaikan risiko keselamatan publik, maka korporasi dapat dimintai pertanggungjawaban pidana. Dengan demikian, perkembangan kendaraan otonom di Inggris menurut Rosemedi (Rosemedi, Khong and Radhakrishnan, 2022) menunjukkan adanya pergeseran paradigma dari yang semula pertanggungjawaban individual menuju perluasan pertanggungjawaban korporasi berbasis risiko teknologi (*corporate technological liability*).

Meskipun demikian, penerapan hukum pidana terhadap kendaraan otonom tetap menghadapi tantangan serius, terutama berkaitan dengan pembuktian kausalitas (hubungan sebab akibat) dan transparansi algoritma (Hue, 2022). Sistem AI modern bekerja melalui mekanisme *machine learning* dan *black box algorithm* yang sering kali sulit dipahami bahkan oleh pengembangnya sendiri. Kondisi tersebut menyebabkan proses identifikasi penyebab kecelakaan menjadi jauh lebih kompleks dibanding kecelakaan lalu lintas konvensional. Dalam banyak kasus, kecelakaan dapat melibatkan berbagai faktor sekaligus, seperti kesalahan perangkat lunak, gangguan sensor, pembaruan sistem yang gagal, kesalahan data digital, hingga kondisi lingkungan jalan.

Kompleksitas tersebut menimbulkan persoalan penting dalam hukum pidana, yaitu mengenai siapa yang harus dianggap memiliki *mens rea* atau bentuk kesalahan pidana. Dalam hukum pidana klasik, hubungan antara pelaku, kesalahan, dan akibat umumnya bersifat langsung. Akan tetapi, dalam kendaraan otonom, hubungan tersebut menjadi

terfragmentasi karena keputusan operasional kendaraan dihasilkan melalui proses komputasi AI yang melibatkan banyak pihak. Oleh karena itu, beberapa akademisi hukum Inggris seperti Fotheringham dan Smith mulai mendorong pengembangan pendekatan baru yang tidak semata-mata berorientasi pada kesalahan individual, tetapi juga mempertimbangkan konsep systemic negligence atau kelalaian sistemik dalam pengelolaan teknologi AI (Fotheringham and Smith, 2024).

Sebagai respons terhadap persoalan tersebut, Inggris mulai mengembangkan sistem *automated vehicle data recorder* yang berfungsi seperti “kotak hitam” pada pesawat terbang. Sistem ini merekam seluruh aktivitas kendaraan, termasuk keputusan algoritma, respon sensor, kecepatan kendaraan, dan pola intervensi manusia sebelum kecelakaan terjadi. Keberadaan sistem tersebut sangat penting dalam proses investigasi pidana karena dapat membantu aparat penegak hukum menentukan apakah kecelakaan disebabkan oleh kesalahan pengguna, kegagalan teknologi, atau kelalaian korporasi (Scherer, 2016a).

Dari perspektif komparatif, model Inggris memberikan pelajaran penting bagi Indonesia dalam merumuskan regulasi kendaraan otonom di masa depan. Sistem hukum Indonesia saat ini masih sangat berorientasi pada asas kesalahan individual (*geen straf zonder schuld*) yang menempatkan manusia sebagai subjek utama pertanggungjawaban pidana. Padahal, dalam kendaraan otonom tingkat tinggi, kontrol manusia terhadap kendaraan semakin berkurang sehingga pembebanan pidana kepada pengguna kendaraan tidak selalu mencerminkan prinsip keadilan (Retnowinarni, 2019). Oleh sebab itu, Indonesia perlu mulai mempertimbangkan pengembangan model pertanggungjawaban yang lebih adaptif, termasuk perluasan pertanggungjawaban korporasi terhadap risiko teknologi AI. Walaupun demikian, penerapan atau pengadopsian model Inggris di Indonesia juga harus dilakukan secara hati-hati. Pendekatan berbasis risiko dalam hukum perdata dan asuransi tidak boleh dicampuradukkan dengan konsep pertanggungjawaban pidana.

Hukum pidana tetap harus mempertahankan prinsip legalitas dan asas kesalahan sebagai fondasi utama pemidanaan. Dengan demikian, pembaruan hukum pidana Indonesia tidak berarti menghapus prinsip culpability, melainkan menyesuaikan konstruksi pertanggungjawaban pidana agar mampu menjangkau aktor-aktor baru yang memiliki kontrol terhadap teknologi kendaraan otonom, khususnya korporasi dan pengembang sistem AI. Selain itu, persoalan transparansi algoritma (*algorithmic transparency*) juga menjadi tantangan besar. Sistem AI pada kendaraan otonom sering kali bekerja melalui mekanisme *black box* yang sulit dipahami bahkan oleh penggunanya sendiri. Dalam konteks pembuktian hukum, kondisi ini dapat menyulitkan proses identifikasi penyebab kecelakaan. Oleh sebab itu, Inggris mulai mendorong penggunaan sistem pencatatan data kendaraan (*automated vehicle data recorder*) agar seluruh aktivitas kendaraan dapat direkam dan dianalisis ketika terjadi kecelakaan. Sistem ini berfungsi seperti “kotak hitam” pada pesawat terbang yang memungkinkan penyidik menelusuri proses pengambilan keputusan kendaraan sebelum kecelakaan terjadi (Scherer, 2016a).

Dilihat dari sisi pendekatan komparatif, Inggris dapat menjadi model penting bagi Indonesia dalam merumuskan regulasi kendaraan otonom di masa depan. Sistem hukum Indonesia saat ini masih berorientasi pada asas kesalahan individual (*geen straf zonder schuld*) yang menempatkan manusia sebagai pusat pertanggungjawaban pidana (Fridawati *et al.*, 2024). Padahal, dalam kendaraan otonom, keputusan operasional kendaraan dilakukan oleh sistem AI yang tidak memiliki kesadaran hukum maupun kehendak bebas. Oleh sebab itu, pembaruan hukum pidana Indonesia perlu mempertimbangkan model pertanggungjawaban berbasis risiko dan perluasan tanggung jawab korporasi sebagaimana diterapkan di Inggris.

## Pengaturan Pertanggungjawaban Pidana Dalam Kecelakaan Kendaraan Otonom di Jerman

Jerman merupakan salah satu negara yang cukup progresif dalam mengembangkan regulasi kendaraan otonom di kawasan Eropa. Berbeda dengan pendekatan Inggris yang lebih menekankan perlindungan korban melalui mekanisme asuransi, Jerman memilih pendekatan yang lebih berhati-hati dengan tetap mempertahankan keberadaan manusia sebagai bagian dari sistem pengawasan kendaraan otonom. Pendekatan tersebut diwujudkan melalui perubahan *German Road Traffic Act (Straßenverkehrsgesetz/StVG)* tahun 2017 yang mengakomodasi penggunaan kendaraan otomatis, tetapi tetap mensyaratkan adanya manusia sebagai pengawas (*human supervisor*) yang dapat mengambil alih kendali kendaraan dalam kondisi tertentu (Setiawan and Fadlia, 2026). Regulasi tersebut menunjukkan bahwa Jerman berupaya menjaga keseimbangan antara inovasi teknologi dan prinsip kehati-hatian hukum yang selama ini menjadi karakter penting dalam sistem hukum Eropa.

Dalam ketentuan Pasal 1a *Road Traffic Act Amendment* 2017, kendaraan otomatis diperbolehkan beroperasi secara mandiri sepanjang sistem teknologi mampu mematuhi aturan lalu lintas dan pengemudi manusia tetap berada dalam posisi siap mengambil alih kontrol kendaraan apabila diperlukan (Setiawan and Fadlia, 2026). Dengan demikian, hukum Jerman tidak sepenuhnya menyerahkan pengoperasian kendaraan kepada AI, melainkan tetap mempertahankan manusia sebagai aktor pengawas terakhir (*ultimate supervisory authority*). Pendekatan ini didasarkan pada asumsi bahwa teknologi AI belum sepenuhnya mampu menggantikan penilaian moral dan intuisi manusia dalam situasi darurat tertentu.

Kebijakan tersebut lahir dari kekhawatiran bahwa kendaraan otonom masih memiliki potensi kegagalan sistem yang dapat menimbulkan kecelakaan serius. Sistem AI memang mampu memproses data secara cepat melalui sensor, radar, kamera, dan algoritma machine learning, tetapi AI tetap memiliki keterbatasan dalam memahami konteks sosial, etika, dan kondisi tidak terduga di jalan raya. Oleh sebab itu, hukum Jerman memandang penting keberadaan manusia sebagai mekanisme kontrol terhadap teknologi.

Menurut Ugo Pagallo, perkembangan kendaraan otonom menunjukkan bahwa hukum modern harus membangun hubungan koeksistensi antara manusia dan AI, bukan sekadar menggantikan peran manusia sepenuhnya (Pagallo, 2013). Selain mempertahankan keberadaan manusia sebagai pengawas, Jerman juga mengembangkan instrumen pembuktian berbasis teknologi melalui penggunaan data recorder atau yang sering disebut sebagai “kotak hitam digital” (*digital black box*). Sistem ini diwajibkan pada kendaraan otonom untuk merekam seluruh aktivitas kendaraan, termasuk kapan sistem AI aktif, kapan manusia mengambil alih kontrol, kecepatan kendaraan, arah kendaraan, respons sensor, serta proses pengambilan keputusan sistem otomatis sebelum kecelakaan terjadi (*German Road Traffic Act (Straßenverkehrsgesetz/StVG) Amendment on Autonomous Driving* 2017, 2017). Ketentuan tersebut diatur untuk mempermudah proses investigasi ketika terjadi kecelakaan yang melibatkan kendaraan otonom.

Keberadaan data *recorder* memiliki arti penting dalam perspektif hukum pidana karena pembuktian dalam kecelakaan kendaraan otonom sangat berbeda dibanding kendaraan konvensional. Dalam kendaraan biasa, aparat penegak hukum umumnya hanya memeriksa kesalahan pengemudi berdasarkan saksi, rekaman CCTV, atau kondisi tempat kejadian perkara. Akan tetapi, dalam kendaraan otonom, penyebab kecelakaan dapat berasal dari kegagalan algoritma, kesalahan sensor, gangguan perangkat lunak, atau bahkan konflik data dalam sistem AI. Oleh sebab itu, di era perkembangan teknologi seperti sekarang, pembuktian hukum tidak lagi cukup mengandalkan alat bukti konvensional (Agung *et al.*, 2023), tetapi memerlukan rekaman digital yang mampu menunjukkan proses operasional kendaraan secara rinci.

Dalam perspektif hukum pembuktian, data recorder berfungsi sebagai instrumen untuk

menentukan hubungan kausal (*causal relationship*) antara tindakan sistem AI dan akibat hukum yang timbul. Menurut Mireille Hildebrandt, salah satu tantangan terbesar AI dalam hukum adalah sifat algoritma yang sering kali bekerja secara *black box*, yaitu menghasilkan keputusan tanpa dapat dijelaskan secara transparan kepada manusia (Hildebrandt, 2018). Kondisi tersebut dapat menimbulkan kesulitan serius dalam proses penyidikan maupun persidangan pidana karena aparat penegak hukum harus membuktikan bagaimana dan mengapa sistem AI mengambil keputusan tertentu sebelum kecelakaan terjadi.

Melalui sistem data recorder, Jerman berupaya menciptakan transparansi algoritmik (*algorithmic transparency*) agar proses pengambilan keputusan kendaraan dapat direkonstruksi secara objektif (TaylorWessing, 2026). Dengan adanya rekaman data digital, penyidik dapat mengetahui apakah kecelakaan terjadi akibat kegagalan teknologi, kelalaian pengemudi manusia, atau bahkan kesalahan produsen kendaraan. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan kendaraan otonom tidak hanya memerlukan reformasi norma hukum substantif, tetapi juga pembaruan sistem pembuktian pidana berbasis teknologi digital.

Kebijakan Jerman tersebut sekaligus memperlihatkan adanya pergeseran paradigma dalam hukum pidana modern. Apabila hukum pidana klasik berfokus pada pembuktian kesalahan manusia melalui unsur *mens rea* dan *actus reus*, maka dalam era AI pembuktian hukum mulai bergantung pada data digital dan rekonstruksi algoritma (Juniarso *et al.*, 2026). Dengan demikian, instrumen teknologi seperti data recorder menjadi bagian penting dalam menentukan pertanggungjawaban pidana. Menurut Matthew U. Scherer, perkembangan AI akan mengubah sistem pembuktian hukum dari pendekatan berbasis kesaksian manusia menuju pendekatan berbasis analisis data dan audit teknologi (Scherer, 2016). Selain berfungsi untuk pembuktian pidana, data recorder juga memiliki fungsi preventif.

Produsen kendaraan dan pengembang perangkat lunak akan terdorong meningkatkan standar keamanan teknologi karena seluruh aktivitas sistem kendaraan dapat direkam dan diperiksa secara hukum. Dalam konteks ini, mekanisme perekaman data menciptakan bentuk pengawasan hukum terhadap industri teknologi sehingga perusahaan tidak dapat dengan mudah menghindari tanggung jawab atas kegagalan sistem AI (Calo, 2015). Dengan kata lain, teknologi pembuktian tidak hanya berfungsi represif setelah kecelakaan terjadi, tetapi juga berfungsi preventif dalam mendorong akuntabilitas korporasi. Di sisi lain, kebijakan data recorder juga memunculkan persoalan baru terkait perlindungan data pribadi dan privasi pengguna kendaraan.

Sistem perekaman digital memungkinkan pengumpulan data yang sangat rinci mengenai aktivitas pengguna, lokasi perjalanan, pola berkendara, hingga kebiasaan individu. Dalam perspektif hak asasi manusia, kondisi tersebut berpotensi menimbulkan penyalahgunaan data apabila tidak diatur secara ketat. Oleh sebab itu, Jerman menghubungkan regulasi kendaraan otonom dengan prinsip perlindungan data dalam *General Data Protection Regulation* (GDPR) Uni Eropa yang menekankan pembatasan penggunaan data pribadi secara proporsional (Crepax, Gaur and Lazarotto, 2024).

Pendekatan Jerman menunjukkan bahwa reformasi hukum terkait kendaraan otonom tidak dapat dilakukan secara parsial. Pembaruan hukum pidana harus diikuti dengan pengembangan sistem pembuktian digital, perlindungan data pribadi, serta mekanisme audit teknologi yang memadai. Hal ini sejalan dengan pandangan Lawrence M. Friedman sebagaimana dikutip oleh Suteki dan Galang Taufani yang menyatakan bahwa efektivitas hukum dipengaruhi oleh substansi hukum, struktur hukum, dan budaya hukum (Suteki and Taufani, 2018). Dalam konteks kendaraan otonom, perubahan substansi hukum saja tidak cukup apabila aparat penegak hukum belum memiliki kemampuan teknologis untuk memahami sistem AI dan bukti digital.

Bagi Indonesia, pengalaman Jerman memberikan pelajaran penting bahwa perkembangan kendaraan otonom harus diantisipasi melalui reformasi hukum yang

komprehensif. Indonesia tidak cukup hanya membentuk regulasi mengenai kendaraan otonom, tetapi juga perlu mempersiapkan mekanisme pembuktian digital yang mampu menjawab kompleksitas AI. Sistem hukum pidana Indonesia saat ini masih sangat bergantung pada alat bukti konvensional, padahal kecelakaan kendaraan otonom akan melibatkan persoalan teknis algoritma dan data digital yang jauh lebih kompleks (Disemadi, 2021). Oleh sebab itu, pembentukan regulasi mengenai data recorder, audit algoritma, dan forensik digital menjadi kebutuhan mendesak dalam menghadapi era transportasi berbasis kecerdasan buatan.

### **Perbandingan Pertanggungjawaban Pidana Kendaraan Otonom di Indonesia, Inggris, dan Jerman**

Perkembangan teknologi kendaraan otonom telah menimbulkan tantangan baru dalam sistem hukum pidana berbagai negara. Kendaraan otonom yang memanfaatkan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) mampu mengambil keputusan secara mandiri tanpa intervensi manusia secara langsung. Kondisi tersebut memunculkan persoalan mengenai siapa yang harus bertanggung jawab apabila terjadi kecelakaan yang mengakibatkan kerugian maupun korban jiwa. Indonesia, Inggris, dan Jerman memiliki pendekatan yang berbeda dalam mengatur pertanggungjawaban hukum kendaraan otonom, baik dari aspek regulasi, sistem pembuktian, maupun perlindungan terhadap korban.

Indonesia hingga saat ini belum memiliki regulasi khusus yang secara eksplisit mengatur kendaraan otonom. Sistem pertanggungjawaban pidana masih didasarkan pada prinsip kesalahan manusia (*fault liability*), sebagaimana tercermin dalam Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP) maupun Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Dwi *et al.*, 2025). Dalam sistem ini, tanggung jawab pidana tetap dibebankan kepada pengemudi atau manusia yang dianggap lalai dalam mengendalikan kendaraan. Permasalahan muncul ketika kendaraan otonom mengambil keputusan secara mandiri melalui algoritma AI sehingga sulit menentukan unsur kesalahan manusia secara langsung. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa sistem hukum Indonesia masih bersifat konvensional dan belum sepenuhnya siap menghadapi disrupsi teknologi kendaraan otonom (Maduranga, 2022).

Berbeda dengan Indonesia, Inggris telah mengembangkan regulasi yang lebih progresif melalui *Automated and Electric Vehicles Act* 2018. Regulasi ini mengadopsi pendekatan berbasis risiko (*risk liability*) dengan menempatkan perusahaan asuransi sebagai pihak utama yang bertanggung jawab terhadap kerugian korban kecelakaan kendaraan otonom. Dalam sistem Inggris, korban tidak perlu membuktikan kesalahan pengemudi secara langsung karena kompensasi dapat segera diberikan melalui mekanisme asuransi. Setelah pembayaran kompensasi dilakukan, perusahaan asuransi dapat melakukan tuntutan regres kepada produsen kendaraan atau pengembang perangkat lunak apabila ditemukan adanya cacat sistem teknologi (Channon, 2019). Pendekatan ini menunjukkan bahwa Inggris lebih menitikberatkan pada perlindungan korban dan efisiensi penyelesaian sengketa dibandingkan sekadar pembuktian kesalahan individual.

Selain itu, Inggris memandang AI bukan sebagai subjek hukum mandiri, melainkan sebagai bagian dari sistem teknologi kendaraan. Oleh karena itu, pertanggungjawaban tetap diarahkan kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pengembangan dan pengoperasian sistem tersebut, termasuk produsen dan perusahaan perangkat lunak. Sistem pembuktian di Inggris juga lebih modern karena melibatkan investigasi teknologi digital, data perangkat lunak, serta rekaman sistem kendaraan otomatis. Pendekatan ini mencerminkan adaptasi hukum terhadap perkembangan teknologi yang semakin kompleks (Channon, 2019).

Sementara itu, Jerman mengembangkan model yang lebih hati-hati tetapi tetap adaptif terhadap perkembangan kendaraan otonom. Melalui perubahan *German Road Traffic Act* (*Straßenverkehrsgesetz/StVG*) tahun 2017, Jerman mengizinkan penggunaan kendaraan

otonom dengan syarat tetap adanya pengawasan manusia (Setiawan and Fadlia, 2026). Dalam sistem ini, pengemudi tidak sepenuhnya dibebaskan dari tanggung jawab karena tetap diwajibkan untuk mengambil alih kendali kendaraan apabila sistem otomatis mengalami gangguan atau keadaan darurat. Dengan demikian, model pertanggungjawaban di Jerman merupakan kombinasi antara tanggung jawab manusia dan tanggung jawab produsen teknologi.

Salah satu aspek penting dalam regulasi Jerman adalah penggunaan data recorder atau “kotak hitam digital” untuk merekam aktivitas kendaraan selama perjalanan. Sistem ini memungkinkan aparat penegak hukum melakukan investigasi secara lebih objektif untuk menentukan apakah kecelakaan disebabkan oleh kelalaian manusia, kegagalan sistem AI, atau cacat teknologi kendaraan (Smith, 2017). Penggunaan teknologi pembuktian tersebut menunjukkan bahwa Jerman berusaha menciptakan keseimbangan antara inovasi teknologi dan kepastian hukum. Selain itu, korban kecelakaan tetap memperoleh perlindungan melalui mekanisme kompensasi dan investigasi teknis yang komprehensif.

Karakteristik *black box* pada sistem kecerdasan buatan (*artificial intelligence/AI*) dalam kendaraan otonom menjadi salah satu persoalan paling kompleks dalam penegakan hukum pidana modern. Sistem AI bekerja melalui algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) yang mampu mengambil keputusan secara mandiri berdasarkan pemrosesan data dalam jumlah besar. Akan tetapi, proses pengambilan keputusan tersebut sering kali tidak dapat dijelaskan secara transparan, bahkan oleh pengembang sistem itu sendiri. Kondisi ini menimbulkan kesulitan dalam menentukan hubungan kausal (*causal relationship*) antara tindakan sistem AI dengan terjadinya kecelakaan (Hue, 2022). Dalam hukum pidana, pembuktian kausalitas merupakan unsur penting untuk menentukan adanya pertanggungjawaban pidana. Ketika keputusan kendaraan otonom dihasilkan oleh mekanisme algoritmik yang tertutup, maka proses pembuktian menjadi jauh lebih rumit dibandingkan kecelakaan kendaraan konvensional yang secara langsung melibatkan tindakan manusia. Persoalan ini menunjukkan bahwa perkembangan teknologi kendaraan otonom tidak hanya menantang aspek regulasi substantif, tetapi juga mekanisme pembuktian dalam hukum pidana modern.

Menurut perspektif hukum Indonesia, persoalan *black box* AI menjadi semakin problematis karena sistem hukum pidana nasional masih berorientasi pada kesalahan manusia (*human fault liability*). KUHP maupun Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan pada dasarnya mengandaikan bahwa suatu kecelakaan lalu lintas terjadi akibat kelalaian atau kesengajaan pengemudi manusia. Padahal, pada kendaraan otonom tingkat tinggi (*high automation*), pengambilan keputusan dilakukan secara mandiri oleh sistem AI tanpa intervensi langsung pengemudi (Zhan, Wan and Huang, 2020). Akibatnya, aparat penegak hukum akan mengalami kesulitan dalam membuktikan siapa pihak yang memiliki *mens rea* atau unsur kesalahan ketika kecelakaan terjadi akibat kegagalan algoritma, sensor, atau perangkat lunak kendaraan. Keadaan ini berpotensi menimbulkan kekosongan hukum (*legal vacuum*) karena sistem pembuktian pidana konvensional tidak dirancang untuk menghadapi entitas teknologi yang bekerja secara otonom dan nontransparan.

Permasalahan tersebut dapat dianalisis melalui pendekatan *doctrine of res ipsa loquitur*. Doktrin ini pada dasarnya berkembang dalam sistem *common law* untuk mengatasi kesulitan pembuktian pada kasus-kasus tertentu yang secara teknis sulit dijelaskan oleh korban. Melalui doktrin *res ipsa loquitur*, suatu peristiwa dianggap “berbicara dengan sendirinya” apabila kecelakaan tidak mungkin terjadi tanpa adanya kelalaian dari pihak yang mengendalikan objek berbahaya tersebut (Putri and Muhammad, 2023). Dalam konteks kendaraan otonom, doktrin ini dapat digunakan untuk membalik beban pembuktian kepada produsen kendaraan, pengembang perangkat lunak, atau operator sistem AI ketika terjadi

kecelakaan yang secara normal tidak seharusnya terjadi apabila sistem bekerja dengan baik. Dengan demikian, korban tidak dibebani kewajiban membuktikan secara rinci bagaimana algoritma AI mengalami kegagalan teknis, melainkan cukup menunjukkan bahwa kendaraan otonom tersebut berada dalam kendali pihak tertentu dan kecelakaan terjadi akibat kegagalan sistem yang abnormal.

Pendekatan tersebut sebenarnya sejalan dengan model regulasi di Inggris yang lebih menitikberatkan pada perlindungan korban dan pembagian risiko teknologi. Melalui *Automated and Electric Vehicles Act 2018*, Inggris tidak lagi memusatkan pembuktian semata-mata pada kesalahan manusia, tetapi mengembangkan sistem tanggung jawab berbasis risiko (*risk liability*) (Long, Zhao and Cai, 2026). Dalam konteks *black box* AI, pendekatan ini sangat relevan karena kesulitan membuktikan proses internal algoritma dapat diminimalkan melalui mekanisme asuransi dan investigasi teknis digital, mekanisme ini dapat memberikan jaminan bagi pihak-pihak yang terlibat, terutama dalam menghadapi tantangan yuridis yang kompleks terkait pembuktian. Setelah korban memperoleh kompensasi, pihak asuransi dapat melakukan investigasi lebih lanjut terhadap produsen kendaraan atau pengembang perangkat lunak. Model ini menunjukkan bahwa pembuktian hukum tidak lagi hanya bergantung pada kesaksian manusia, tetapi juga pada analisis data digital kendaraan, rekaman sensor, log algoritma, dan sistem perangkat lunak.

Sementara itu, Jerman mengembangkan pendekatan yang lebih teknis melalui kewajiban penggunaan data recorder atau “kotak hitam digital” pada kendaraan otonom. Sistem ini menjadi instrumen penting untuk mengatasi karakteristik *black box* AI karena seluruh aktivitas kendaraan, termasuk keputusan sistem otomatis, direkam secara elektronik. Data tersebut dapat digunakan untuk menentukan apakah kecelakaan disebabkan oleh kegagalan manusia, kesalahan perangkat lunak, atau kerusakan teknologi kendaraan. Kehadiran *digital black box* juga memperkuat objektivitas pembuktian karena aparat penegak hukum memiliki alat verifikasi berbasis data elektronik, bukan sekadar keterangan subjektif pengemudi atau saksi (Rayno *et al.*, 2023). Dengan demikian, Jerman mencoba menciptakan keseimbangan antara inovasi teknologi dan kepastian hukum melalui integrasi teknologi pembuktian digital dalam sistem hukumnya.

Dalam konteks hukum Indonesia, perkembangan tersebut sebenarnya dapat dikaitkan dengan pengakuan alat bukti elektronik dalam sistem hukum nasional. KUHP Baru melalui Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2023 membuka ruang yang lebih luas terhadap penggunaan bukti elektronik sebagai bagian dari modernisasi hukum pidana. Selain itu, pengakuan terhadap informasi dan dokumen elektronik juga telah diatur dalam Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE). Perluasan alat bukti elektronik ini menjadi sangat penting dalam kasus kendaraan otonom karena data digital kendaraan dapat berfungsi sebagai alat bukti utama untuk menentukan hubungan kausal dan bentuk kesalahan (Rayno *et al.*, 2023). Rekaman sensor, *software log*, *GPS*, kamera kendaraan, hingga rekaman keputusan algoritma AI dapat digunakan untuk merekonstruksi kronologi kecelakaan secara lebih objektif dan ilmiah. Namun demikian, tantangan terbesar bukan sekadar pengakuan formal terhadap alat bukti elektronik, melainkan kemampuan aparat penegak hukum dalam memahami dan menganalisis bukti digital yang sangat kompleks.

Penegakan hukum terhadap kendaraan otonom memerlukan pendekatan multidisipliner yang melibatkan ahli teknologi informasi, forensik digital, rekayasa perangkat lunak, dan kecerdasan buatan. Tanpa kesiapan sumber daya manusia dan infrastruktur digital, perluasan alat bukti elektronik hanya akan menjadi norma formal yang sulit diterapkan secara efektif. Oleh karena itu, reformasi hukum pidana Indonesia tidak cukup hanya melalui pembentukan regulasi kendaraan otonom, tetapi juga harus mencakup penguatan kapasitas investigasi digital dan sistem forensik teknologi.

Dengan demikian, persoalan *black box* AI menunjukkan bahwa tantangan utama

kendaraan otonom terletak pada pembuktian hubungan kausal dan penentuan pihak yang bertanggung jawab secara pidana. Doktrin *res ipsa loquitur* dapat menjadi alternatif untuk mengurangi beban pembuktian korban, sedangkan perluasan alat bukti elektronik dalam KUHP Baru dapat menjadi dasar normatif bagi penggunaan data digital kendaraan dalam proses peradilan pidana. Inggris dan Jerman telah menunjukkan bahwa adaptasi hukum terhadap teknologi kendaraan otonom harus dilakukan tidak hanya pada aspek pertanggungjawaban, tetapi juga pada sistem pembuktian modern berbasis teknologi digital. Oleh karena itu, Indonesia perlu segera membangun kerangka hukum yang mampu mengintegrasikan pembuktian elektronik, investigasi forensik digital, dan pembagian tanggung jawab antara manusia, produsen, serta pengembang AI agar penegakan hukum pidana tetap efektif di era kendaraan otonom.

**Tabel 1.** Perbandingan Pertanggungjawaban Pidana Kendaraan Otonom di Indonesia, Inggris, dan Jerman

Aspek	Indonesia	Inggris	Jerman
<b>Dasar Regulasi</b>	Belum ada regulasi khusus kendaraan otonom	<i>Automated and Electric Vehicles Act 2018</i> dan <i>Corporate Manslaughter and Corporate Homicide Act 2007</i>	<i>German Road Traffic Act 2017 (StVG)</i>
<b>Pihak yang Bertanggung Jawab</b>	Pengemudi/manusia	Produsen, pengembang perangkat lunak, dan korporasi	Pengemudi dan produsen
<b>Pemidanaan</b>	Kelalaian atau kesengajaan pengemudi	<i>Gross negligence manslaughter</i> dan <i>corporate manslaughter</i> terhadap korporasi yang lalai menjamin keamanan AI	Kelalaian pengemudi atau kegagalan teknologi
<b>Kedudukan AI</b>	AI hanya dianggap alat teknologi	AI bukan subjek hukum, tetapi sumber risiko teknologi	AI tetap diawasi manusia
<b>Sistem Pembuktian</b>	Alat bukti konvensional	Investigasi digital, data kendaraan, dan analisis perangkat lunak	Menggunakan <i>black box</i> digital
<b>Karakter Kebijakan</b>	Konvensional	Progresif dengan perluasan tanggung jawab pidana korporasi	Hati-hati tetapi adaptif

## KESIMPULAN

Perkembangan kendaraan otonom berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) telah membawa perubahan besar dalam sistem transportasi modern sekaligus menghadirkan tantangan baru bagi hukum pidana. Penelitian ini menunjukkan bahwa konsep pertanggungjawaban pidana dalam hukum Indonesia masih berorientasi pada paradigma *anthropocentric liability* yang menempatkan manusia sebagai subjek utama pertanggungjawaban hukum. Paradigma tersebut tercermin dalam *asas geen straf zonder schuld* yang mensyaratkan adanya kesalahan manusia berupa kesengajaan atau kelalaian sebagai dasar pemidanaan. Dalam konteks kendaraan otonom, pendekatan tersebut menjadi problematis karena pengambilan keputusan operasional kendaraan dilakukan secara mandiri oleh sistem AI melalui algoritma, sensor, dan pemrosesan data otomatis tanpa campur tangan langsung manusia. Akibatnya, ketika terjadi kecelakaan akibat kegagalan sistem teknologi, muncul kekosongan hukum dan kesulitan dalam menentukan pihak yang harus dimintai pertanggungjawaban pidana.

Penelitian ini menunjukkan bahwa perkembangan kendaraan otonom berbasis kecerdasan buatan (AI) menimbulkan tantangan serius bagi sistem hukum pidana Indonesia yang masih berorientasi pada kesalahan manusia (*human fault liability*). Pada kendaraan otonom tingkat tinggi, keputusan kendaraan diambil secara mandiri oleh sistem AI sehingga sulit menentukan unsur kesalahan manusia sebagai dasar pertanggungjawaban pidana.

Kondisi ini menimbulkan kekosongan hukum, terutama dalam pembuktian hubungan kausal dan penentuan pihak yang bertanggung jawab ketika terjadi kecelakaan akibat kegagalan algoritma, sensor, atau perangkat lunak. Penelitian juga menunjukkan bahwa Inggris dan Jerman telah mengembangkan model regulasi yang lebih adaptif. Inggris menerapkan pendekatan berbasis risiko dan memperluas pertanggungjawaban pidana korporasi melalui konsep *gross negligence manslaughter* dan *corporate manslaughter*, sedangkan Jerman menekankan pengawasan manusia serta penggunaan digital *black box* untuk mendukung pembuktian berbasis data elektronik.

Dengan demikian, Indonesia perlu melakukan reformasi hukum pidana secara lebih konkret melalui revisi Undang-Undang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang secara khusus mengatur kendaraan otonom dan pertanggungjawaban pidana berbasis teknologi AI. Model yang paling relevan untuk dikembangkan bukan sekadar *vicarious liability*, karena doktrin tersebut hanya membebaskan tanggung jawab korporasi atas perbuatan pekerja atau agennya, sedangkan kecelakaan kendaraan otonom sering kali bersumber dari kegagalan sistemik teknologi AI. Oleh karena itu, pendekatan *corporate fault liability* lebih tepat diterapkan dengan menempatkan korporasi sebagai pihak yang dapat dipidana apabila terbukti lalai dalam merancang, menguji, memperbaiki, atau mengawasi sistem AI kendaraan otonom.

Formulasi ini dapat diwujudkan melalui ketentuan yang menyatakan bahwa korporasi produsen kendaraan otonom, pengembang perangkat lunak, atau operator sistem AI dapat dimintai pertanggungjawaban pidana apabila karena kelalaiannya tidak memenuhi standar keamanan sistem elektronik dan mengakibatkan kecelakaan yang menimbulkan korban jiwa atau kerugian. Selain itu, revisi Undang-Undang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan terkait dengan ketentuan mobil otonom juga perlu mewajibkan penggunaan digital *black box*, audit algoritma, dan kewajiban penyimpanan data kendaraan sebagai alat bukti elektronik dalam proses peradilan pidana. Dengan pendekatan tersebut, sistem hukum Indonesia tidak hanya mempertahankan asas kesalahan, tetapi juga mampu menjangkau bentuk kelalaian korporasi dalam pengelolaan teknologi AI secara lebih adaptif dan modern.

## REFERENSI

- Abdelkarim, M. and Maher, M.Y.B.M.B. (2025) "The Implications Of Artificial Intelligence On Criminal Liability In Contemporary Criminal Thought," *Lexlocalis-Journal Oflocal Self-Government*, 23(8). Available at: DOI: <https://doi.org/10.52152/c5ezx693>.
- Agung, A. et al. (2023) "Kekuatan Alat Bukti Dalam Pembuktian Tindak Pidana," 4(2), pp. 184–189. Available at: DOI:<https://doi.org/10.55637/jkh.4.2.6798.184-189>.
- Alkhawatreh, A. and Al-Balawi, M. (2026) "Criminal Liability of Legal Persons Arising from the Use of Autonomous Vehicles: A Comparative Study BT - Artificial Intelligence in the Digital Era: Economic, Legislative and Media Perspectives, Al-Ramahi, A.M.A. Musleh Al-Sartawi, and M. Kanan (eds.). Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 2609–2619. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-89771-9\\_186](https://doi.org/10.1007/978-3-031-89771-9_186).
- Anam, M.R. and Chumaida, Z.V. (2023) "Tanggung Jawab Penyelenggara Jalan Umum Terhadap Kecelakaan Lalu Lintas Akibat Ketidaklaikan Jalan," *Jurnal Panorama Hukum*, 8(2), pp. 218–235. Available at: DOI: <https://doi.org/10.21067/jph.v8i2.9746>.
- Ar, A.M. et al. (2024) "Peran Niat ( Mens rea ) dalam Pertanggungjawaban Pidana di Indonesia," *IMMI: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Multidisiplin*, 1(3), pp. 240–252. Available at: DOI: <https://doi.org/10.71153/jimmi.v1i3.140>.
- Calo, R. (2015) "Robotics and the Lessons of Cyberlaw," *California Law Review*, 103(3), pp. 529–531.
- Carabantes, M. (2020) "Black-box artificial intelligence: an epistemological and critical analysis," *Journal Ai & Society*, 35(2), pp. 309–317. Available at:

- <https://doi.org/10.1007/S00146-019-00888-W>.
- Channon, M. (2019) “Automated and Electric Vehicles Act 2018 : An Evaluation in light of Proactive Law and Regulatory Disconnect,” 10(2).
- Corrales, M., Fenwick, M. and Forgó, N. (2017) “Disruptive Technologies Shaping the Law of the Future,” *Journal New Technology, Big Data and the Law*, [Preprint]. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5038-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5038-1_1).
- Crepax, T., Gaur, M. and Lazarotto, B. da R. (2024) “Measuring data access and re-use in the European Legal Framework for Data , from the General Data Protection Regulation ( GDPR ) law to the Proposed Data Act : the case of vehicle data [ version 1 ; peer review : 1 approved , 3 approved with reservations,” *Journal Open Research Europe*, 3(192), pp. 1–33. Available at: <https://doi.org/10.12688/openreseurope.16468.1>.
- Disemadi, H.S. (2021) “Urgensi Regulasi Khusus dan Pemanfaatan Artificial Intelligence dalam Mewujudkan Perlindungan Data Pribadi di Indonesia,” *Wawasan Yuridika*, 5(36), pp. 177–199. Available at: <https://doi.org/10.25072/jwy.v5i2.460>.
- Dong, J. (2025) “Research on Criminal Liability for Takeover Accidents of Autonomous Vehicles,” 112, pp. 37–45. Available at: <https://doi.org/10.54254/2753-7048/2025.BR26610>.
- Dwi, A. *et al.* (2025) “Penerapan Hukum Pidana Atas Kelalaian Berkendaraan Yang Menyebabkan Kematian Menurut Uu Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan ( Studi Kasus : Pengadilan Negeri Kotamobagu ),” *Educatoria : Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(3), pp. 172–191. Available at: DOI: <https://doi.org/10.36312/educatoria.v5i3.551>.
- Fotheringham, K. and Smith, H. (2024) “Accidental injustice: Healthcare AI legal responsibility must be prospectively planned prior to its adoption.,” *Future healthcare journal*, 11(3), p. 100181. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fhj.2024.100181>.
- Fridawati, T. *et al.* (2024) “Perkembangan Teori Pertanggungjawaban Pidana di Indonesia : Kajian Pustaka terhadap Literatur Hukum Pidana,” 1(3), pp. 317–328. Available at: DOI: <https://doi.org/10.71153/jimmi.v1i3.149>.
- German Road Traffic Act (Straßenverkehrsgesetz/StVG) Amendment on Autonomous Driving 2017 (2017) *German Road Traffic Act*.
- Hendra, D., Afrita, I. and Putra, T.A. (2025) “Kewenangan penentuan status gangguan jiwa pada pelaku tindak pidana dalam proses penyidikan 1,2,3,” *Collegium Studiosum Journal*, 8(2), pp. 534–548.
- Hildebrandt, M. (2018) “Artificial Intelligence and the Rule of Law,” *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 376, pp. 3–5.
- Hue, H. (2022) “Liability for Autonomous Vehicle Accidents,” in L.A. DiMatteo, C. Poncibò, and M. Cannarsa (eds.) *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence Global Perspectives on Law and Ethics*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 163–178. Available at: DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009072168.018>.
- Iskandar, D. *et al.* (2024) “Perkembangan Teori dan Penerapan Asas Legalitas dalam Hukum Pidana Indonesia,” *Jimmi: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Multidisiplin*, 1(3), pp. 293–305. Available at: <https://doi.org/10.71153/jimmi.v1i3.147>.
- Judijanto, L. (2025) “The Complexity of Contemporary Criminal Law : Adapting the Criminal Justice System to the Dynamics of Technology and Globalization,” *Multitech Journal of Science and Technology (MJST)*, 2(12), pp. 1009–1028. Available at: DOI: <https://doi.org/10.59890/mjst.v2i12.114>.
- Juniarso, D. *et al.* (2026) “Reformasi Kebijakan Pidana Nasional Terhadap Kejahatan Siber Berbasis Ai Melalui Pendekatan Hukum Progresif,” *Jurnal Impresi Indonesia ( JII )*, 5(1), pp. 77–88.
- Li, Z. (2023) “Analysis of Autonomous Vehicle Control Algorithm Based on Different

- Models,” *Journal Highlights in Science, Engineering and Technology*, 76, pp. 391–398. Available at: DOI: <https://doi.org/10.54097/gnx43x68>.
- Long, B., Zhao, Z. and Cai, Q. (2026) “Comparing Tort Liability Frameworks in Autonomous Vehicle Accident Governance,” *World Electric Vehicle Journal*, p. 32. Available at: <https://doi.org/10.3390/wevj17010032>.
- Maduranga, P. (2022) “Kepastian hukum terhadap mobil berteknologi auto pilot ditinjau dari perspektif hukum lalu lintas jalan di indonesia,” *Bureaucracy Journal: Indonesia Journal of Law and Social-Political Governance*, 2(2), pp. 794–805. Available at: <https://doi.org/10.53363/bureau.v2i2.108>.
- Mulyati, N., Santoso, T. and Daniel, E. (2017) “A Philosophical Analysis To Uncover The Meaning And Terminology Of Person In Indonesian Criminal Law Context,” *Nagari Law Review (NALREV)*, 1(1). Available at: <https://doi.org/DOI:10.25077/nalrev.v.1.i.1.p.56-73.2017>.
- Noviati, N.D. *et al.* (2024) “Artificial Intelligence in Autonomous Vehicles: Current Innovations and Future Trends,” *International Journal Of Cyber And It*, 4(2). Available at: <http://DOI:10.34306/ijcitsm.v4i2.161>.
- Pagallo, U. (2013) *The Laws of Robots: Crimes, Contracts, and Torts*. Dordrecht: Springer. Available at: <https://doi.org/DOI10.1007/978-94-007-6564-1>.
- Putri, W.V. and Muhammad, D.W. (2023) “RES IPSA LOQUITUR: APPLICATION IN PRODUCT LIABILITY ( DEG ) suspected to be linked to GGAPA cases . The head of BPOM revealed , “ Examination results of,” *Jurnal Bina Mulia Hukum*, 88(1), pp. 145–157. Available at: <https://doi.org/10.23920/jbmh.v8i1.1255>.
- Rayno, M. *et al.* (2023) “Data Collection for Incident Response for Vehicles with Autonomous Systems,” *WCX SAE World Congress Experience*. Detroit, Michigan, United States. Available at: <https://doi.org/10.4271/2023-01-0628>.
- Retnowinarni, R. (2019) “Pertanggungjawaban pidana terhadap korporasi di indonesia,” *Jurnal Perspektif Hukum*, 1(1), pp. 83–104. Available at: DOI: <https://doi.org/10.30649/ph.v19i1.161>.
- Roper, V. (2018) “The Corporate Manslaughter and Corporate Homicide Act 2007-a 10-year review,” *ournal of Criminal Law*, 82(1), p. 1754526. Available at: <https://doi.org/10.1177/0022018317752937>.
- Rosemadi, J.F., Khong, D.W.K. and Radhakrishnan, R. (2022) “Civil Liability of Autonomous Vehicles: A Review of Literature,” *IJUM Law Journal*, 30(2), pp. 155–179. Available at: <https://doi.org/10.31436/iiumlj.v30i2.740>.
- Saud, A. (2024) “Criminal Liability about the Use of Artificial Intelligence: Investigating the Actus Reus Element of AI-driven Technology,” *American Journal of Law*, 6(1), pp. 1–25. Available at: <https://doi.org/DOI:10.47672/ajl.1648>.
- Scherer, M.U. (2016a) “Regulating Artificial Intelligence Systems: Risks, Challenges, Competencies, and Strategies,” *Harvard Journal Of Law & Technology*, 29(2), pp. 354–398. Available at: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2609777>.
- Scherer, M.U. (2016b) “Regulating Artificial Intelligence Systems: Risks, Challenges, Competencies, and Strategies,” *Harvard Journal of Law & Technology*, 29(2), pp. 362–365.
- Setiawan, A.A. and Fadlia, D. (2026) “Pertanggungjawaban Hukum Penggunaan Mobil Otonom : Studi Komparatif Indonesia Dan Jerman,” *Jurnal of Law and Society*, 1(1), pp. 37–58.
- Shestak, V. and Shiryayev, A. (2020) “Criminal Liability for Accidents Involving Self-Driving Cars: The German Experience,” *Technology of the XXI century in jurisprudence: Materials of The Second International Scientific-Practical Conference*. Yekaterinburg: Ural State Law University., pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/DOI:>

- 10.2139/SSRN.3613638.
- Smith, B.W. (2017) "Automated Driving and Product Liability," *Michigan State Law Review*, 2017(1), pp. 12–15.
- Sriwidodo, J. and Tumanggor, M.S. (2024) "Regulation of Corporate Criminal Liability According To Law Number 1 Year 2023 On The Criminal Code," *Jurnal KRTHA BHAYANGKARA*, 18(1), pp. 197–214. Available at: <https://doi.org/10.32501/jhmb.v3i2.80>.
- Sulaiman, R.B. (2023) "Indonesia Criminal Law Review Restorative Justice : Implementasi Kebijakan," 2(1).
- Suteki and Taufani, G. (2018) *Metodologi Penelitian Hukum: Filsafat, Teori dan Praktis*. Depok: Raja Grafindo Persada.
- TaylorWessing (2026) *Taylor Wessing*. Available at: <https://www.taylorwessing.com/en/insights-and-events/insights/2026/02/legal-frameworks-for-autonomous-driving-and-teledriving>.
- Wang, H. *et al.* (2022) "Ethical Decision Making in Autonomous Vehicles: Challenges and Research Progress," *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 14(1), pp. 6–17. Available at: <https://doi.org/10.1109/MITS.2019.2953556>.
- Yuflikhati, N.L. *et al.* (2025) "Perbuatan Melawan Hukum Dalam Perspektif Hukum Perdata dan Hukum Pidana Studi Kasus Putusan No. 28/Pdt.G/2024/PN Tmg & 113/Pid.Sus/2023/PN Tmg," *Jurnal ISO: Jurnal Ilmu Sosial, Politik dan Humaniora*, 5(1), pp. 1–16. Available at: DOI: <https://doi.org/10.53697/iso.v5i1.2181>.
- Zaidir, L. (2026) "Penyimpangan Artificial Intelligence Dan Kekosongan Regulasi Mengenai Tantangan Hukum Di Era Revolusi Digital 5.0," *Jurnal Hukum Dan Konstitusi (JIC)*, 2(2), pp. 51–64. Available at: DOI: <https://doi.org/10.64272/1zgstn09>.
- Zhan, H., Wan, D. and Huang, Z. (2020) "On the Responsible Subjects of Self-Driving Cars under the SAE System: An Improvement Scheme," *2020 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, pp. 1–5. Available at: <https://doi.org/10.1109/ISCAS45731.2020.9181253>.
- Zurkinden, N. (2020) "Trust in the Functioning of Technology and Criminal Liability Based on the Example of Driving Automation," pp. 291–303. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27957-8\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27957-8_22).