

HUKUM PIDANA DAN HAK CIPTA DI ERA KECERDASAN ARTIFISIAL: ANALISIS PERTANGGUNGJAWABAN DALAM HUKUM POSITIF DAN HUKUM ISLAM

Maya Ruhtiani¹, Istikharoh²

¹ Universitas Harapan Bangsa, ² Universitas Nahdlatul Ulama AI Ghazali Cilacap
mayaruhtiani@uhb.ac.id¹, istikharoh.aroh@gmail.com²

Abstract

This study examines the issue of criminal liability for copyright infringement committed through artificial intelligence (AI) from the perspective of both positive criminal law and Islamic law. The lack of a clear legal subject status for AI in Indonesian positive law creates a legal vacuum, leading to difficulties in assigning criminal liability. This research adopts a normative-juridical method with a comparative approach between positive legal norms and the principles of maqāṣid al-sharī'ah in Islamic law. The findings reveal that Islamic law offers normative flexibility that enables accountability through the principle of property protection (ḥifẓ al-māl) and the prohibition of harm (lā ḍarar wa lā ḍirār), whereas positive law requires normative reconstruction to recognize human controllers of AI as liable actors. The study recommends the formulation of a hybrid legal norm that integrates the strengths of both systems to establish a fair and adaptive copyright protection mechanism in the digital era.

Keywords: Artificial Intelligence, Criminal Law, Criminal Liability, Copyright, Islamic Law

Abstrak

Penelitian ini mengkaji mengenai problematika pertanggungjawaban pidana terhadap pelanggaran hak cipta yang dilakukan melalui kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam perspektif hukum pidana positif dan hukum Islam. Ketidakjelasan status subjek hukum AI dalam sistem hukum positif Indonesia menimbulkan kekosongan hukum yang berdampak pada kesulitan pembebanan tanggung jawab pidana. Penelitian ini menggunakan metode yuridis-normatif dengan pendekatan komparatif antara norma hukum positif dan prinsip maqāṣid al-sharī'ah dalam hukum Islam. Temuan penelitian menunjukkan bahwa hukum Islam memiliki fleksibilitas normatif yang memungkinkan penerapan tanggung jawab melalui prinsip perlindungan harta (ḥifẓ al-māl) dan larangan merugikan pihak lain (lā ḍarar wa lā ḍirār), sementara hukum positif memerlukan rekonstruksi norma yang mengakui peran manusia sebagai pengendali AI dalam sistem pertanggungjawaban pidana. Penelitian ini juga merekomendasikan perumusan norma hukum hybrid yang memadukan keunggulan keduanya untuk menciptakan sistem perlindungan hak cipta yang adil dan adaptif di era digital.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan, Hukum Islam, Hukum Pidana, Hak Cipta, Pertanggungjawaban Pidana

A. Pendahuluan

Kecerdasan artifisial (AI) telah banyak digunakan untuk membuat karya digital seperti tulisan, gambar, musik, dan video. Teknologi ini mampu menghasilkan

karya tanpa campur tangan langsung dari manusia. Hasil ciptaan AI sering menyerupai karya asli yang dibuat oleh pencipta manusia (Rosati, 2024). Beberapa hasil bahkan mengambil bagian dari karya yang sudah ada tanpa izin. Tindakan ini dapat merugikan pencipta dan menimbulkan pelanggaran hak cipta. Aturan hukum yang ada saat ini belum mengatur secara jelas tentang karya yang dibuat oleh sistem AI. Banyak pertanyaan muncul tentang bagaimana melindungi hak cipta di tengah perkembangan teknologi ini. Perlu dilakukan kajian hukum agar hak cipta tetap terlindungi meskipun pelanggarannya dilakukan oleh sistem otomatis (Borges, 2023).

Sistem hukum pidana Indonesia mengatur bahwa hanya manusia atau badan hukum yang dapat dimintai pertanggungjawaban. AI bukan manusia, tidak memiliki kesadaran, dan tidak bisa bertanggung jawab secara hukum (Abbott & Shubov, 2022). Ketika terjadi pelanggaran hak cipta yang dilakukan oleh AI, tidak mudah menentukan siapa yang harus dimintai pertanggungjawaban. Pemilik, pengembang, atau pengguna AI bisa saja saling menyalahkan. Belum ada aturan khusus yang mengatur siapa yang harus bertanggung jawab dalam kasus seperti ini. Hal ini bisa menyebabkan korban pelanggaran hak cipta tidak mendapat keadilan. Pemilik karya sulit menuntut ganti rugi jika pelaku pelanggaran tidak jelas. Masalah ini menjadi penting untuk dibahas secara lebih mendalam (Gaffar & Albarashdi, 2025).

Undang-Undang Hak Cipta di Indonesia belum mengatur tentang hasil karya AI. Aturan yang ada masih fokus pada karya manusia. Kitab Undang-Undang Hukum Pidana juga tidak membahas pelanggaran yang dilakukan oleh sistem teknologi dan kondisi tersebut menunjukkan adanya kekosongan hukum (Maryandi, 2019). Hukum Islam dapat menjadi pendekatan tambahan yang relevan untuk mengatasi masalah tersebut. Dalam hukum Islam, tanggung jawab bisa dikenakan kepada seseorang meskipun pelanggaran dilakukan lewat alat bantu. AI bisa dianalogikan seperti alat yang digunakan seseorang untuk melakukan pelanggaran. Prinsip ini menunjukkan bahwa hukum Islam memiliki fleksibilitas dalam menghadapi situasi baru. Pendekatan ini bisa membantu mengisi kekosongan hukum yang belum diatur secara eksplisit (Haris & Tantimin, 2022).

Berkaitan dengan pembahasan sebelumnya, dalam hukum Islam hak cipta dianggap sebagai hak milik yang harus dilindungi. Pelanggaran terhadap hak cipta termasuk perbuatan yang dilarang karena merugikan orang lain. Tanggung jawab

hukum tetap bisa diberikan kepada orang yang mengendalikan alat, meskipun pelanggaran dilakukan oleh alat itu sendiri. AI dapat dianggap sebagai alat digital yang dikendalikan oleh manusia (Diab, 2024). Oleh karena itu, orang yang menggunakan AI untuk membuat atau menyebarkan karya yang melanggar hak cipta tetap bisa dianggap bertanggung jawab. Pendekatan ini menempatkan keadilan sebagai nilai utama. Hukum Islam memberi perhatian besar pada perlindungan hak orang lain, termasuk dalam bentuk karya cipta. Prinsip ini bisa diterapkan dalam konteks pelanggaran hak cipta oleh AI (Maryandi, 2019).

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan AI dalam perspektif hukum positif dan hukum Islam diteliti oleh Shofika Hardiyanti Qurrahman, Safira Ayunil, dan Tsabita Aurelia Rahim (Hardiyanti Qurrahman, S., Ayunil, S., & Aurelia Rahim, 2024a) membahas mengenai kedudukan dan konsep pertanggungjawaban artificial intelligence dalam hukum positif Indonesia. Fokus kajian tersebut terletak pada analisis posisi AI sebagai subjek hukum dan kemungkinan pertanggungjawabannya atas tindakan yang menimbulkan akibat hukum. Penelitian ini memberikan sumbangsih awal terhadap pembahasan struktur normatif AI, namun belum mengintegrasikan aspek keadilan substantif yang bersumber dari perspektif hukum Islam. Selanjutnya penelitian oleh Endang Purwaningsih dan Irfan Islami (Endang Purwaningsih, 2023) yang mengkaji mengenai AI sebagai inventor dalam perspektif hukum paten dan hukum Islam. Kajian tersebut memberikan kontribusi penting dalam memperluas cakupan diskursus mengenai AI dalam hukum kekayaan intelektual, khususnya hak paten. Pembahasan hukum Islam dalam penelitian ini mengarah pada posisi moral AI dan kedudukan manusia sebagai pengendali teknologi. Meskipun demikian, fokus penelitian tidak diarahkan pada aspek pidana atau pelanggaran hak cipta, sehingga belum menjawab persoalan pertanggungjawaban pidana secara langsung.

Penelitian oleh Muhammad Tan Abdul Rahman Haris dan Tantimin (Haris & Tantimin, 2022) mengangkat tema pertanggungjawaban hukum pidana terhadap pemanfaatan artificial intelligence di Indonesia. Kajian ini menelusuri potensi pelanggaran pidana oleh AI dan bagaimana sistem hukum positif dapat meresponsnya. Penelitian tersebut membahas unsur niat (*mens rea*), kesalahan, dan sanksi dalam konteks AI sebagai pelaku tidak langsung. Namun, pendekatan yang

digunakan masih terbatas pada hukum positif dan belum memasukkan alternatif konseptual dari hukum Islam. Ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa topik mengenai AI dan pertanggungjawaban hukum telah mulai dibahas dari berbagai sudut pandang. Meskipun demikian, belum terdapat kajian yang secara eksplisit menggabungkan analisis hukum positif dan hukum Islam secara setara untuk membangun model pertanggungjawaban pidana yang komprehensif. Penelitian ini dirancang untuk mengisi kekosongan tersebut melalui pendekatan normatif-komparatif yang membandingkan prinsip-prinsip hukum positif Indonesia dengan konsep hukum pidana dalam fikih Islam. Model sintesis antara dua sistem hukum ini diharapkan mampu memberikan jawaban yang lebih adil, realistis, dan kontekstual terhadap tantangan hukum di era kecerdasan buatan.

Tujuan utama dari kajian ini adalah merumuskan tanggung jawab pidana terhadap pelanggaran hak cipta oleh AI berdasarkan hukum positif Indonesia dan hukum Islam. Kajian ini juga bertujuan mencari pihak yang secara hukum bertanggung jawab atas pelanggaran yang dilakukan oleh sistem otomatis. Selain itu, kajian ini bertujuan menyusun model hukum yang bisa digunakan untuk menyelesaikan masalah ini secara adil. Analisis dilakukan untuk memahami bagaimana hukum positif saat ini mengatur pelanggaran hak cipta. Prinsip-prinsip hukum Islam dipakai untuk memberikan alternatif penyelesaian yang lebih kontekstual. Kajian ini juga ditujukan untuk memberikan masukan bagi pengembangan hukum pidana digital di masa depan. Kajian ini diharapkan bisa menjadi rujukan bagi pembuat kebijakan dan akademisi. Penyusunan aturan hukum yang berbasis nilai dan realitas teknologi menjadi fokus utama.

Penelitian ini menggunakan metode yuridis-normatif yang berfokus pada kajian pustaka dan pendekatan komparatif. Kajian dilakukan terhadap peraturan perundang-undangan di Indonesia yang mengatur tentang hak cipta dan hukum pidana. Literatur hukum Islam juga dikaji, termasuk pandangan fikih jinayah yang membahas tentang alat dan tanggung jawab hukum. Pendekatan komparatif digunakan untuk membandingkan sistem hukum positif dengan prinsip hukum Islam. Data diambil dari dokumen hukum, buku, jurnal ilmiah, dan fatwa yang relevan. Analisis dilakukan secara sistematis untuk menghasilkan kerangka hukum yang tepat. Penelitian ini bertujuan menyusun model tanggung jawab hukum yang bisa menjawab

tantangan perkembangan AI. Hasil kajian diharapkan menjadi masukan untuk pembaruan hukum nasional.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode yuridis-normatif dengan pendekatan konseptual dan komparatif (Muhaimin, 2020). Pendekatan yuridis-normatif digunakan untuk menganalisis norma hukum yang berlaku, baik dalam sistem hukum pidana positif Indonesia maupun hukum Islam, terkait pertanggungjawaban pidana atas pelanggaran hak cipta oleh kecerdasan buatan (AI). Pendekatan konseptual digunakan untuk memahami pengertian, ruang lingkup, serta posisi AI dalam struktur hukum sebagai pelaku non-manusia. Sementara itu, pendekatan komparatif diterapkan untuk membandingkan prinsip-prinsip pertanggungjawaban dalam hukum pidana nasional dan prinsip *maqāṣid al-sharīʿah* dalam hukum Islam (Irwansyah, 2022). Data yang digunakan bersumber dari literatur hukum primer dan sekunder, termasuk undang-undang, kitab-kitab fikih klasik dan kontemporer, artikel ilmiah, serta hasil penelitian sebelumnya. Teknik analisis dilakukan secara kualitatif dengan menekankan pada interpretasi normatif dan relevansi kontekstual terhadap dinamika hukum di era digital.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Penelitian

a) Kerangka Pertanggungjawaban Pidana dalam Hukum Positif

Pertanggungjawaban pidana dalam sistem hukum Indonesia bertumpu pada konsep dasar bahwa suatu perbuatan hanya dapat dipidana jika dilakukan oleh subjek hukum yang memiliki kemampuan untuk bertanggung jawab. Subjek hukum yang dimaksud biasanya merujuk pada manusia atau badan hukum yang memiliki kehendak, kesadaran, dan kemampuan memahami konsekuensi dari tindakannya. Sistem ini dibangun atas asas legalitas, kesalahan, dan pertanggungjawaban pribadi. Setiap perbuatan pidana harus memiliki unsur perbuatan yang bersifat melawan hukum (*actus reus*) dan niat atau kesalahan (*mens rea*) (Hardiyanti Qurrahman, S., Ayunil, S., & Aurelia Rahim, 2024b). Pertanggungjawaban pidana menjadi bentuk penegakan keadilan terhadap pelaku yang secara sadar melakukan perbuatan yang

dilarang. Hukum pidana tidak memberikan ruang kepada entitas non-manusia yang tidak memiliki kehendak bebas. Ketika perbuatan dilakukan oleh sistem otomatis seperti AI, maka timbul pertanyaan tentang siapa yang seharusnya dianggap sebagai pelaku. Sistem hukum belum memberikan batasan jelas atas posisi AI dalam konteks hukum pidana (Haris & Tantimin, 2022).

Penggunaan AI untuk memproduksi karya digital yang melanggar hak cipta memperlihatkan kompleksitas baru dalam penerapan hukum pidana. AI bekerja berdasarkan algoritma dan data yang ditanamkan oleh pengembang atau pengguna, tanpa campur tangan manusia secara langsung dalam setiap tindakan. Pelanggaran bisa terjadi karena AI meniru, menggandakan, atau memodifikasi konten yang telah dilindungi hak cipta. Dalam konteks ini, tidak mudah untuk menunjuk pelaku secara pasti (Jaya, Febri, 2021). Hukum positif belum memiliki norma yang mengatur hubungan sebab akibat antara tindakan AI dan tanggung jawab pemilik atau pengembangnya. Unsur kesengajaan dalam hukum pidana tidak mudah dibuktikan ketika pelanggaran dilakukan oleh entitas non-manusia. Masalah ini menyebabkan terjadinya kekosongan hukum yang perlu segera dijawab melalui pembaruan norma. Pertanggungjawaban pidana tidak bisa hanya disandarkan pada teori klasik (Alam Wibowo, 2023).

Pasal-pasal dalam Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta mengatur secara rinci tentang pelanggaran dan sanksi pidana bagi pelaku pelanggaran. Ketentuan pidana dalam undang-undang ini mengacu pada tindakan manusia sebagai pelaku yang melakukan pembajakan, penggandaan ilegal, atau penggunaan ciptaan tanpa izin. Tidak terdapat pasal yang membahas kemungkinan pelanggaran yang dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak atau sistem AI (Gaon, 2021). Konsekuensinya, ketika pelanggaran terjadi tanpa keterlibatan langsung manusia, aparat penegak hukum kesulitan menjerat pelaku secara hukum. Proses penegakan hukum cenderung tidak efektif karena kekosongan pengaturan subjek pelaku non-manusia. Penempatan AI sebagai alat bantu teknologi memunculkan ambiguitas dalam penilaian tanggung jawab. Pencipta atau pengguna AI dapat

membela diri bahwa pelanggaran terjadi di luar kendali mereka. Sementara itu, korban pelanggaran mengalami kerugian yang nyata (Abbott & Shubov, 2022).

Berkaitan dengan pembahasan sebelumnya, prinsip pertanggungjawaban tidak langsung mulai dibicarakan sebagai alternatif dalam hukum pidana kontemporer. Pertanggungjawaban tidak langsung merupakan bentuk tanggung jawab hukum yang diberikan kepada individu atau entitas yang secara teknis tidak melakukan perbuatan secara langsung, tetapi memiliki kontrol atas perbuatan tersebut. Konsep ini dapat ditemukan dalam bentuk pertanggungjawaban korporasi atau pemimpin organisasi yang melakukan pembiaran. AI sebagai sistem yang dijalankan oleh manusia, dalam banyak kasus, tidak bekerja secara mandiri tanpa intervensi sejak awal. Algoritma, data pelatihan, serta instruksi operasional berasal dari manusia. Dengan logika tersebut, tanggung jawab pidana dapat dibebankan kepada pihak yang memiliki kontrol atas sistem (Purwaningsih & Islami, 2023). Prinsip ini sejalan dengan semangat keadilan dalam hukum pidana modern. Model ini memungkinkan aparat hukum untuk menjerat pelaku yang bersembunyi di balik kecanggihan teknologi.

Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP) masih menggunakan paradigma klasik dalam mendefinisikan pelaku tindak pidana. KUHP mengatur bahwa hanya manusia atau badan hukum yang dapat dijatuhi hukuman pidana. Pasal-pasal yang berkaitan dengan delik kesengajaan, kelalaian, dan niat semuanya berakar pada asumsi bahwa pelaku memiliki kesadaran dan kemampuan berpikir. AI tidak memiliki kesadaran atau niat seperti manusia (Ravizki & Lintang Yudhantaka, 2022). Oleh karena itu, tidak dapat dikenakan sanksi pidana secara langsung. Kondisi ini memaksa sistem hukum untuk mencari jalur pertanggungjawaban melalui pihak ketiga. Pihak-pihak seperti pemilik sistem, operator, atau pengembang menjadi target logis untuk ditelusuri keterlibatannya. Penguatan konsep tanggung jawab melalui hubungan kausalitas menjadi kunci penting dalam menentukan struktur pidana pada kasus yang melibatkan AI.

Penerapan doktrin *strict liability* juga dapat dipertimbangkan sebagai mekanisme hukum dalam menjawab pelanggaran yang dilakukan oleh AI.

Doktrin ini memungkinkan pertanggungjawaban pidana dikenakan meskipun tidak ada niat jahat dari pelaku. Dalam beberapa kasus, sistem hukum mengenal bentuk pertanggungjawaban berdasarkan risiko. Pengembang atau pengguna AI dianggap bertanggung jawab atas segala akibat yang ditimbulkan oleh sistem yang mereka kendalikan. Pendekatan ini telah diterapkan pada bidang lain seperti lingkungan, lalu lintas, atau pangan. AI sebagai teknologi baru membawa risiko hukum yang serupa (Rasyidah et al., 2024). Melalui pendekatan ini, korban tetap mendapatkan perlindungan hukum tanpa harus membuktikan niat dari pelaku. Pemanfaatan doktrin ini dapat menjadi jembatan bagi penegakan hukum pidana digital yang lebih adaptif.

Penerapan hukum pidana terhadap pelanggaran hak cipta oleh AI memerlukan penyesuaian pendekatan normatif dan teknis. Perubahan teknologi menuntut sistem hukum untuk bersikap progresif tanpa mengorbankan prinsip dasar keadilan. Dalam hal ini, pemahaman yang utuh tentang cara kerja AI perlu dimiliki oleh aparat penegak hukum. Penilaian terhadap niat, kesalahan, dan akibat perlu diinterpretasikan ulang dalam konteks teknologi. Penggunaan AI yang bersifat prediktif dan otomatis mempersulit penentuan tanggung jawab individual (Rodliyah et al., 2021). Oleh karena itu, struktur pertanggungjawaban kolektif atau berbasis tanggung jawab hierarkis bisa menjadi solusi. Regulasi baru yang lebih akomodatif perlu dirancang untuk menjamin kepastian hukum. Penegakan hukum tidak boleh tertinggal dari kemajuan teknologi.

Ketentuan dalam hukum pidana perlu diharmonisasikan dengan instrumen hukum lain seperti hukum siber dan perlindungan data. Kolaborasi antar bidang hukum akan memperkuat posisi hukum pidana dalam menanggapi pelanggaran berbasis digital. Hak cipta sebagai bagian dari hak kekayaan intelektual perlu diberi perhatian khusus dalam konteks ini. Perlindungan hukum terhadap karya intelektual menjadi salah satu indikator keberhasilan penegakan hukum di era digital (Stahl, 2023). Regulasi pidana yang mampu menjangkau perbuatan yang dilakukan oleh AI akan memperkuat perlindungan terhadap hak-hak tersebut. Keterlibatan berbagai pemangku kepentingan sangat penting dalam menyusun kerangka hukum yang baru. Proses legislasi

perlu memperhatikan masukan dari ahli teknologi, hukum, dan masyarakat. Partisipasi tersebut akan meningkatkan legitimasi dan efektivitas aturan hukum yang dihasilkan.

Reformasi hukum pidana digital perlu dilakukan secara menyeluruh, tidak hanya melalui perubahan substansi tetapi juga pendekatan penegakan. Penyesuaian konsep pertanggungjawaban dengan perkembangan teknologi tidak berarti meninggalkan prinsip dasar keadilan (Hakim et al., 2023). Justru, adaptasi hukum adalah bentuk nyata dari respons terhadap kebutuhan masyarakat. Penegakan hukum harus mampu memberikan kejelasan, perlindungan, dan efek jera bagi pelaku pelanggaran. Model pertanggungjawaban pidana yang melibatkan pemilik atau pengembang AI menjadi alternatif realistis. Model ini tetap menjaga keseimbangan antara perlindungan terhadap korban dan keadilan bagi pelaku. Kejelasan norma akan mencegah kesewenang-wenangan dalam penerapan hukum. Pembaruan hukum pidana harus diarahkan untuk menjaga martabat hukum di tengah arus digitalisasi.

b) Perspektif Hukum Islam terhadap Hak Cipta dan Pelaku Non-Manusia

Hak cipta dalam perspektif hukum Islam tergolong sebagai bagian dari hak milik (al-milkiyyah) yang wajib dijaga dan dilindungi. Kepemilikan atas hasil karya intelektual dipandang sah selama tidak bertentangan dengan prinsip-prinsip syariat (Elmahjub, 2023). Al-Qur'an memberikan peringatan tegas terhadap perbuatan mengambil hak milik orang lain secara tidak sah. Firman Allah dalam QS. Al-Baqarah ayat 188 sebagai berikut:

فَرِيقًا مِّنْ لِّتَأْكُلُوا مِمَّا حَلَلْنَا إِلَىٰ يَمِينِهِمْ وَتَدْلُوهُم بِأَيْمَانِهِمْ يَكُونُوا لَكُمْ أَعْيُنٌ عَلَىٰ ذَٰلِكُم مَّا تُلَوِّحُونَ بِأَيْدِيكُمْ إِلَىٰهَا وَلَٰكِنَّ أَكْثَرَهُمْ لَا يَعْلَمُونَ
وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ لِيَأْخُذَ بِلِئَامٍ تَلْبِيسٍ أَمْ أُولَٰئِكَ الَّذِينَ كَفَرُوا يُصَدِّقُونَ أَكْثَرَ الْكَاذِبِينَ

Artinya: "Dan janganlah sebahagian kamu memakan harta sebahagian yang lain di antara kamu dengan jalan yang bathil dan (janganlah) kamu membawa (urusan) harta itu kepada hakim, supaya kamu dapat memakan sebahagian daripada harta benda orang lain itu dengan (jalan berbuat) dosa, padahal kamu mengetahui".

Ayat ini menegaskan bahwa pengambilan karya tanpa izin, termasuk melalui sistem kecerdasan buatan (AI), tergolong bentuk perampasan hak. Perlindungan terhadap karya termasuk bagian dari maqāṣid al-sharī'ah, yaitu

ḥifẓ al-māl (menjaga harta). Tindakan semacam ini juga bertentangan dengan prinsip keadilan dan amanah.

Hukum Islam secara eksplisit belum menyebut entitas non-manusia seperti AI karena perbedaan zaman. Namun, fikih Islam memiliki pendekatan analogis (qiyās) yang memungkinkan pengembangan hukum terhadap fenomena baru (Haneffa Muchlis Gazali, Junisa Jumadi, Noor Rasyidah Ramlan, Nurmaisarah Abd Rahmat, Siti Nor Hazilawati Mohd Uzair, 2020). AI dapat diposisikan sebagai alat (wāsiṭah) dalam tindakan pelanggaran. Dalam kasus hukum jinayah, seseorang tetap dapat dimintai pertanggungjawaban atas tindakan yang dilakukan melalui perantara, seperti binatang atau alat. Firman Allah dalam QS. Al-Isrā' ayat 36 sebagai berikut:

ثَلَاكَاَنَ لَّكُلُّ أَوْ وَاَدَلْعَاوْ لَبَصْرَاوْ لَسَمْعَا إِنَّا َعَلْمٌ َوَلَا تَقْفُ مَا لَيْسَ لَكَ بِهِ عَنْهُ مَسْئُولَا

Artinya: "Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan dan hati, semuanya itu akan diminta pertanggung jawaban".

Ayat ini mengandung prinsip tanggung jawab individu atas akibat dari alat indera dan keputusan. Oleh karena itu, penggunaan AI tetap mengacu pada tanggung jawab manusia sebagai operator.

Berkaitan dengan pembahasan sebelumnya, dalam maqāṣid al-sharī'ah, perlindungan terhadap kekayaan intelektual termasuk dalam prinsip ḥifẓ al-māl. Imam Al-Ghazālī menegaskan bahwa harta mencakup segala hal yang bernilai manfaat dan layak dipertukarkan. Al-Qur'an dalam QS. An-Nisā' ayat 29 menegaskan:

أَن تَكُونَ بَحْرَةً عَنْ ِلَا لِبُطْلِ أَمْوَالِكُمْ بَيْنَكُمْ بِلَا تَأْكُلُوا ِمَامْنُوا لَّذِينَ آئِيهَا ِي َأَنْفُسَكُمْ ِلَا تَقْتُلُوا ِمَنْكُمْ تَرْضَاوْ إِنَّا َللَّهُ كَانَ بِكُمْ رَحِيمَا

Artinya: "Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu saling memakan harta sesamamu dengan jalan yang batil, kecuali dengan jalan perniagaan yang berlaku dengan suka sama-suka di antara kamu. Dan janganlah kamu membunuh dirimu; sesungguhnya Allah adalah Maha Penyayang kepadamu".

Ayat ini menjadi dasar hukum yang kuat bahwa hak cipta, termasuk hasil kreasi AI, harus dilindungi dari eksploitasi tanpa izin. Selain itu, Prinsip lā ḍarar

wa lā dirār dalam hadis Nabi SAW menjadi pedoman utama dalam menentukan batas etika penggunaan AI:

ضَرَرَ وَلَا ضِرَارَ لَا

Artinya: "Tidak boleh membahayakan diri sendiri dan orang lain." (HR. Malik, Daruquthni)

Jika AI digunakan untuk menggandakan, meniru, atau memanipulasi karya tanpa izin dan menyebabkan kerugian, maka hal itu masuk dalam kategori bahaya yang dilarang. Prinsip sadd al-dharī'ah (menutup jalan kerusakan) juga relevan untuk membendung eksploitasi AI dalam pelanggaran hak cipta (Sitiris & Busari, 2024). Hukum Islam secara konsisten melindungi masyarakat dari praktik yang merusak nilai keadilan, termasuk melalui media teknologi.

Manusia sebagai pelaku utama dalam sistem pengendalian AI tetap bertanggung jawab atas segala akibat hukum yang timbul. AI tidak memiliki akal, kehendak, atau niat, sehingga tidak bisa menjadi subjek hukum menurut fikih. QS. Az-Zalzalah ayat 7–8 memperkuat konsep pertanggungjawaban individu:

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ

Artinya: "Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan seberat dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya".

وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ

Artinya: "Dan barangsiapa yang mengerjakan kejahatan sebesar dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya pula".

Ayat tersebut menekankan bahwa setiap individu bertanggung jawab atas setiap tindakan dan dampaknya.

Prinsip maṣlaḥah mursalah digunakan untuk menjawab problematika hukum yang belum disebutkan secara eksplisit dalam nas. Ketika AI menimbulkan kerugian terhadap karya seseorang, maka prinsip maslahat menuntut adanya perlindungan hukum. Islam memandang hukum sebagai alat menjaga kemaslahatan dan mencegah kerusakan (Ruhtiani et al., 2024). Oleh sebab itu, jika penggunaan AI menyebabkan penyebaran karya tanpa izin, maka hukum Islam menetapkan sebagai perbuatan yang tercela. Penegakan hukum tidak cukup mengandalkan teks, tetapi juga nilai-nilai dasar keadilan. Prinsip ini memungkinkan pembentukan norma baru sesuai tantangan zaman. AI tidak dapat disamakan dengan manusia dalam hukum, namun tidak berarti pelanggaran yang dilakukan melalui AI terbebas dari sanksi. Pengembang,

pemilik, dan pengguna memiliki tanggung jawab atas pemanfaatan AI yang merugikan orang lain. AI sebagai alat yang dikendalikan manusia tetap berada dalam wilayah kontrol moral dan hukum penggunaannya.

Hukum Islam bersifat dinamis dan fleksibel dalam menjawab perubahan zaman. Nilai-nilai universal seperti keadilan, amanah, dan tanggung jawab menjadi fondasi dalam membentuk hukum baru. Teknologi, termasuk AI, harus berada dalam kontrol nilai, bukan sebaliknya. Pelanggaran hak cipta melalui AI dapat mengakibatkan kerugian ekonomi dan moral yang besar. Oleh karena itu, regulasi dan fatwa kontemporer diperlukan untuk menjawab permasalahan ini secara normatif dan praktis. Syariah dapat berfungsi sebagai pedoman bagi hukum nasional dalam menyikapi teknologi digital. Integrasi antara fikih kontemporer dan maqāṣid al-sharī‘ah membuka ruang pengembangan hukum yang lebih inklusif dan adaptif. AI sebagai tantangan zaman modern memerlukan pendekatan multi-disipliner. Hukum Islam memiliki kerangka normatif yang siap diterapkan sepanjang sesuai dengan prinsip maslahat dan tidak bertentangan dengan maqṣad. Pelanggaran hak cipta melalui AI tidak boleh dibiarkan tanpa tanggung jawab hukum. Manusia tetap menjadi poros utama dalam struktur pertanggungjawaban syariat. Oleh karena itu, sinergi antara hukum positif dan hukum Islam dapat menciptakan sistem perlindungan hak cipta yang lebih adil dan efektif di era digital.

2. Pembahasan Penelitian

Hukum pidana dan hukum Islam sama-sama menempatkan keadilan sebagai landasan utama dalam penegakan hukum. Namun, terdapat perbedaan mendasar dalam cara masing-masing sistem mengidentifikasi subjek hukum. Hukum positif secara eksplisit menyatakan bahwa hanya manusia dan badan hukum yang dapat menjadi pelaku tindak pidana. Sebaliknya, hukum Islam tidak mengenal konsep badan hukum atau entitas artifisial sebagai subjek hukum, tetapi memusatkan tanggung jawab pada individu yang memiliki niat dan kemampuan bertindak. Ketika AI melakukan pelanggaran, hukum positif mengalami kesulitan dalam menetapkan siapa pelakunya, karena AI bukanlah subjek hukum (Haq & Yunanto, 2024). Dalam hukum Islam, pertanggungjawaban tetap diarahkan kepada manusia sebagai pengendali alat. Pendekatan hukum Islam lebih lentur

karena mengutamakan prinsip tanggung jawab atas dampak perbuatan. Dua sistem hukum ini menunjukkan titik temu dalam prinsip dasar, tetapi berbeda dalam struktur penerapannya.

Sistem hukum pidana mensyaratkan adanya unsur kesalahan dalam bentuk kesengajaan atau kelalaian sebagai dasar pertanggungjawaban pidana. Konsep ini tercermin dalam unsur *mens rea* yang wajib dibuktikan di pengadilan. Dalam kasus pelanggaran hak cipta oleh AI, pembuktian unsur kesalahan menjadi rumit karena pelaku langsung adalah sistem otomatis (Kurniawan, 2023). Di sisi lain, hukum Islam tidak selalu menuntut adanya niat eksplisit dalam semua jenis pelanggaran. Tanggung jawab dapat dikenakan berdasarkan akibat yang ditimbulkan, terutama jika terjadi kerugian terhadap hak milik orang lain. Perspektif ini sejalan dengan prinsip *lā ḍarar wa lā ḍirār* yang melarang segala bentuk tindakan yang membahayakan orang lain. Oleh karena itu, hukum Islam cenderung lebih pragmatis dalam menetapkan tanggung jawab atas tindakan melalui media teknologi. Perbedaan pendekatan ini menunjukkan fleksibilitas fikih Islam dalam menyikapi perkembangan zaman.

Hukum positif di Indonesia tidak memiliki ketentuan yang secara khusus mengatur pertanggungjawaban terhadap pelanggaran oleh kecerdasan buatan. Ketentuan yang ada dalam Undang-Undang Hak Cipta dan Kitab Undang-Undang Hukum Pidana masih terbatas pada pelaku manusia. Ketika AI menggandakan karya atau menghasilkan konten yang meniru karya orang lain, tidak tersedia aturan eksplisit untuk menjerat perbuatan tersebut. Hal ini menciptakan kekosongan hukum yang menyulitkan aparat penegak hukum dalam memberikan sanksi pidana. Sementara itu, hukum Islam dapat menggunakan prinsip analogi dan maslahat untuk menetapkan ketentuan baru yang belum diatur dalam nas. Pendekatan *qiyās*, *istiḥsān*, dan *maṣlaḥah mursalah* memberi ruang adaptasi yang luas terhadap fenomena seperti AI (Maryandi, 2019). Kerangka ini memungkinkan hukum Islam untuk lebih cepat merespons dinamika teknologi digital. Sistem hukum positif memerlukan proses legislasi formal untuk mereformasi aturan yang ada.

Perbedaan lain muncul pada bentuk sanksi yang dikenakan terhadap pelaku pelanggaran. Dalam hukum pidana positif, sanksi bersifat determinatif dan

diatur secara rinci dalam undang-undang. Pelanggaran hak cipta dapat dikenai pidana penjara, denda, atau sanksi perdata berupa ganti rugi. Hukum Islam menggunakan pendekatan ta'zīr, yaitu bentuk hukuman yang ditentukan oleh otoritas penguasa berdasarkan tingkat kerugian dan kondisi sosial (Mohadi & Tarshany, 2023). Sistem ini memberikan fleksibilitas bagi hakim untuk menentukan jenis dan tingkat hukuman. Pendekatan ini memungkinkan adanya penyelesaian yang lebih restoratif. Keberadaan AI sebagai alat dalam pelanggaran hak cipta dapat dimasukkan dalam konteks pertimbangan hakim. Hal ini memperkuat daya jangkau hukum Islam dalam kasus teknologi mutakhir.

Kedua sistem hukum juga berbeda dalam cara menetapkan hubungan kausalitas antara pelaku dan perbuatan. Hukum positif sangat menekankan bukti empiris dan hubungan sebab akibat yang jelas. Dalam pelanggaran yang dilakukan oleh AI, hubungan tersebut tidak selalu langsung terlihat. Pengembang dan pengguna AI bisa berkilah bahwa tindakan AI berada di luar kendali mereka. Dalam hukum Islam, hubungan kausalitas dapat ditarik dari potensi kerugian dan niat awal penggunaan alat. Jika seseorang dengan sadar menggunakan sistem yang berpotensi merugikan orang lain, maka ia dapat dimintai pertanggungjawaban. Prinsip ini menghindari celah pembelaan yang dapat dimanfaatkan oleh pelaku kejahatan digital. Pendekatan Islam cenderung lebih moralistik dan menekankan niat serta hasil secara bersamaan.

Sistem hukum Islam menekankan nilai tanggung jawab sosial dalam setiap aspek muamalah. Pelanggaran hak cipta tidak hanya dipandang sebagai pelanggaran terhadap individu, tetapi juga terhadap tatanan masyarakat. Dalam hukum pidana positif, pelanggaran hak cipta cenderung dianggap sebagai masalah perdata yang berdampak pada individu pencipta. Perbedaan perspektif ini menyebabkan orientasi penegakan hukum menjadi berbeda (Shabana Kausar, 2024). Hukum Islam menempatkan pelanggaran hak cipta sebagai bentuk pengingkaran terhadap nilai amanah dan kejujuran. Hal ini ditegaskan dalam QS. Al-Baqarah ayat 188 yang melarang pengambilan harta orang lain dengan cara batil. Sementara hukum positif lebih teknokratik dalam pendekatannya. Perbedaan ini menunjukkan karakter etis yang kuat dalam hukum Islam.

Kelebihan hukum pidana terletak pada kepastian hukum dan sistem pembuktian yang ketat. Namun, dalam konteks pelanggaran yang dilakukan AI, sistem ini belum cukup memadai tanpa reformasi regulatif. Sebaliknya, hukum Islam menawarkan pendekatan substantif yang fleksibel, tetapi memerlukan pembakuan agar dapat diterapkan secara luas di ranah positif. Komparasi ini menunjukkan bahwa kolaborasi antara keduanya dapat saling melengkapi. Hukum positif dapat mengadopsi nilai-nilai normatif Islam untuk membentuk hukum yang lebih adil dan adaptif. Sinergi ini menjadi penting dalam konteks negara yang menganut dualisme hukum seperti Indonesia. Model kolaboratif juga dapat memperkuat legitimasi norma hukum di masyarakat. Pendekatan interdisipliner diperlukan untuk menjawab persoalan hukum digital.

Kehadiran AI sebagai entitas baru dalam struktur hukum menantang batas-batas konvensional subjek hukum. Dalam hukum positif, penyusunan norma baru memerlukan proses legislasi dan pertimbangan multidisipliner. Hukum Islam dapat lebih cepat merespons fenomena ini melalui metode ijtihad dan *maqāṣid*. Namun, tantangannya terletak pada harmonisasi antara norma fikih dan kebutuhan regulasi formal. Kajian komparatif ini menunjukkan bahwa prinsip-prinsip hukum Islam dapat mengisi kekosongan dalam sistem hukum positif, khususnya dalam isu moralitas dan tanggung jawab. Dalam hal pelanggaran hak cipta oleh AI, hukum Islam dan hukum positif dapat berkolaborasi dalam merumuskan kerangka regulatif yang komprehensif. Kolaborasi ini akan menciptakan sistem hukum yang lebih kontekstual dan responsif terhadap perkembangan teknologi.

Kebutuhan akan regulasi baru yang dapat menjawab tantangan hukum AI menjadi urgensi utama di era digital. Kedua sistem hukum memiliki kontribusi masing-masing dalam menjawab tantangan tersebut. Hukum Islam memiliki kekuatan etis dan fleksibilitas normatif, sementara hukum positif memiliki instrumen formal dan mekanisme penegakan yang baku. Melalui kajian komparatif ini, dapat disimpulkan bahwa pendekatan integratif akan lebih efektif dalam menciptakan sistem perlindungan hukum yang adil dan berkeadilan. Hukum pidana tidak boleh terjebak dalam batas-batas klasik yang tidak relevan dengan teknologi. Reformulasi konsep pertanggungjawaban perlu dilakukan

berdasarkan kebutuhan zaman. Kajian ini memberikan dasar untuk mengembangkan sistem hukum pidana digital berbasis nilai dan keadilan.

D. Kesimpulan

Pertanggungjawaban pidana atas pelanggaran hak cipta oleh kecerdasan buatan (AI) masih menghadapi tantangan dalam sistem hukum positif Indonesia karena ketiadaan pengaturan khusus terhadap entitas non-manusia, sementara hukum Islam melalui prinsip *maqāṣid al-sharī'ah*, khususnya *ḥifẓ al-māl*, menawarkan kerangka normatif yang lebih adaptif dan berorientasi pada keadilan substantif. Untuk menjawab kekosongan hukum dan memastikan perlindungan hak cipta yang komprehensif, penelitian ini merekomendasikan pengembangan regulasi berbasis kolaborasi antara nilai-nilai hukum Islam dan sistem hukum positif melalui pendekatan hybrid. Riset lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi model legislasi komparatif dari negara-negara muslim serta kajian empiris atas penerapan AI dalam konteks pelanggaran hak cipta di Indonesia. Penghargaan disampaikan kepada para dosen pembimbing, narasumber akademik, dan institusi yang telah memberikan kontribusi ilmiah serta akses data yang berharga dalam penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Abbott, R. B., & Shubov, E. (2022). The Revolution Has Arrived: AI Authorship and Copyright Law. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4185327>
- Alam Wibowo, R. J. (2023). Ciptaan dan Invensi Hasil Kecerdasan Buatan dalam Perspektif Hak Cipta dan Paten. *Jurnal Ilmiah Kebijakan Hukum*, 17(3), 269. <https://doi.org/10.30641/kebijakan.2023.V17.269-288>
- Borges, G. (2023). Liability for AI Systems Under Current and Future Law. *Computer Law Review International*, 24(1), 1–8. <https://doi.org/10.9785/cri-2023-240102>
- Diab, M. F. S. (2024). Criminal Liability for Artificial Intelligence and Autonomous Systems. *American Journal of Society and Law*, 3(1), 14–18. <https://doi.org/10.54536/ajsl.v3i1.2481>
- Elmahjub, E. (2023). Artificial Intelligence (AI) in Islamic Ethics: Towards Pluralist Ethical Benchmarking for AI. *Philosophy & Technology*, 36(4), 73. <https://doi.org/10.1007/s13347-023-00668-x>
- Endang Purwaningsih, I. I. (2023). Analisis Artificial Intelligence (AI) Sebagai Inventor Berdasarkan Hukum Paten Dan Hukum Islam. *Galuh Justisi*, 11(1), 1–15. <https://jurnal.unigal.ac.id/galuhjustisi/article/view/8915/0>
- Gaffar, H., & Albarashdi, S. (2025). Copyright Protection for AI-Generated Works: Exploring Originality and Ownership in a Digital Landscape. *Asian Journal of International Law*, 15(1), 23–46. <https://doi.org/10.1017/S2044251323000735>
- Gaon, A. H. (2021). Different paths to AI authorship. In *The Future of Copyright in the Age of Artificial Intelligence*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781839103155.00018>

- Hakim, H. A., Praja, C. B. E., & Ming-Hsi, S. (2023). AI in Law: Urgency of the Implementation of Artificial Intelligence on Law Enforcement in Indonesia. *Jurnal Hukum Novelty*, 14(1), 122. <https://doi.org/10.26555/novelty.v14i1.a25943>
- Haneffa Muchlis Gazali, Junisa Jumadi, Noor Rasyidah Ramlan, Nurmaisarah Abd Rahmat, Siti Nor Hazilawati Mohd Uzair, A. N. M. (2020). Application of Artificial Intelligence (AI) in Islamic Investments. *Journal of Islamic Finance*, 9(2), 70–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.31436/jif.v9i2.485>
- Haq, S. Al, & Yunanto, Y. (2024). Legal Implications of Using Artificial Intelligence (AI) Technology in Electronic Transactions. *International Journal of Social Science and Human Research*, 7(05). <https://doi.org/10.47191/ijsshr/v7-i05-108>
- Hardiyanti Qurrahman, S., Ayunil, S., & Aurelia Rahim, T. (2024a). Kedudukan dan Konsep Pertanggungjawaban Artificial Intelegence Dalam Hukum Positif Indonesia. *UNES Law Review*, 6(4), 12687–12693. <https://doi.org/https://doi.org/10.31933/unesrev.v6i4.2108>
- Hardiyanti Qurrahman, S., Ayunil, S., & Aurelia Rahim, T. (2024b). Kedudukan dan Konsep Pertanggungjawaban Artificial Intelegence Dalam Hukum Positif Indonesia. *NES Law Review*, 6(4), 12687–12693. <https://doi.org/https://doi.org/10.31933/unesrev.v6i4.2108>
- Haris, M. T. A. R., & Tantimin, T. (2022). Analisis Pertanggungjawaban Hukum Pidana Terhadap Pemanfaatan Artificial Intelligence Di Indonesia. *Jurnal Komunikasi Hukum (JKH)*, 8(1), 307–316. <https://doi.org/10.23887/jkh.v8i1.44408>
- Irwansyah. (2022). *Penelitian Hukum, Pilihan Metode & Praktik Penulisan Artikel, Edisi Revisi*. Mirra Buana Media.
- Jaya, Febri, and W. G. (2021). Analisis Yuridis Terhadap Kedudukan Kecerdasan Buatan Atau Artificial Intelligence Sebagai Subjek Hukum Pada Hukum Positif Indonesia. *Supremasi Hukum*, 17(2), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.33592/jsh.v17i2.1287>
- Kurniawan, I. (2023). Analisis terhadap Artificial Intelligence sebagai Subjek Hukum Pidana. *Mutiara: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 1(1), 35–44. <https://doi.org/10.61404/jimi.v1i1.4>
- Maryandi, Y. (2019). Sanksi Pelanggaran Hak Cipta Menurut Hukum Pidana Islam Dan Hukum Positif Di Indonesia. *Tahkim (Jurnal Peradaban Dan Hukum Islam)*, 2(2). <https://doi.org/10.29313/tahkim.v2i2.5113>
- Mohadi, M., & Tarshany, Y. (2023). Maqasid Al-Shari'ah and the Ethics of Artificial Intelligence. *Journal of Contemporary Maqasid Studies*, 2(2), 79–102. <https://doi.org/10.52100/jcms.v2i2.107>
- Muhaimin. (2020). *Metode Penelitian Hukum*. Mataram University Press.
- Purwaningsih, E., & Islami, I. (2023). Analisis Artificial Intelligence (Ai) Sebagai Inventor Berdasarkan Hukum Paten Dan Hukum Islam. *Jurnal Ilmiah Galuh Justisi*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.25157/justisi.v11i1.8915>
- Rasyidah, N. A., Aksay, M., & Akmal, M. F. (2024). Urgensi Pembuatan Regulasi Penggunaan AI (Artificial Intelligence) Di Indonesia. *Jurnal Penegakan Hukum Indonesia*, 5(1), 42–51. <https://doi.org/10.51749/jphi.v5i1.142>
- Ravizki, E. N., & Lintang Yudhantaka. (2022). Artificial Intelligence Sebagai Subjek Hukum: Tinjauan Konseptual dan Tantangan Pengaturan di Indonesia. *Notaire*, 5(3), 351–376. <https://doi.org/10.20473/ntr.v5i3.39063>
- Rodliyah, R., Suryani, A., & Husni, L. (2021). Konsep Pertanggungjawaban Pidana

- Korporasi (Corporate Crime) Dalam Sistem Hukum Pidana Indonesia. *Journal Kompilasi Hukum*, 5(1), 191–206. <https://doi.org/10.29303/jkh.v5i1.43>
- Rosati, E. (2024). *Infringing AI: Liability for AI-generated outputs under international, EU, and UK copyright law*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4946312>
- Ruhtiani, M., Prihatinah, T. L., Sulistyandari, S., Park, H. K., & Whindari, Y. (2024). Legal Protection of Architectural Works as Copyright: An Epistemological and Islamic Law Perspective. *El-Mashlahah*, 14(1), 43–70. <https://doi.org/10.23971/el-mashlahah.v14i1.7645>
- Shabana Kausar. (2024). Analysis of the Islamic Law and its Compatibility with Artificial Intelligence as a Emerging Challenge of the Modern World. *Annals of Human and Social Sciences*, 5(I). [https://doi.org/10.35484/ahss.2024\(5-I\)10](https://doi.org/10.35484/ahss.2024(5-I)10)
- Sitiris, M., & Busari, S. A. (2024). The Legal Capacity (Al-Ahliyyah) Of Artificial Intelligence From An Islamic Jurisprudential Perspective. *Malaysian Journal of Syariah and Law*, 12(1), 31–42. <https://doi.org/10.33102/mjssl.vol12no1.453>
- Stahl, B. C. (2023). Embedding responsibility in intelligent systems: from AI ethics to responsible AI ecosystems. *Scientific Reports*, 13(1), 7586. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34622-w>