


## Artificial Intelligence (AI) and Information and Communication Technology (ICT) -Based Sand Mining Supervision: A Legal Business and Maqashid Sharia Perspective

### Pengawasan Tambang Pasir Berbasis Artificial Intelligence (AI) - Information and Communication Technology (ICT): Perspektif Hukum Bisnis dan Maqashid Syariah

Bujang Ali<sup>1\*</sup>, Raymundus Loin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Faculty of Law, Universitas Panca Bhakti, Pontianak, Indonesia.

 : [bujang.ali@upb.ac.id](mailto:bujang.ali@upb.ac.id)

Corresponding Author\*



#### Abstract

**Introduction:** The supervision of sand mining in Indonesia remains predominantly reliant on manual methods, which are deficient in accuracy, transparency, and effectiveness. The integration of Artificial Intelligence (AI) and Information and Communication Technology (ICT) presents an opportunity to establish a more equitable and sustainable oversight system.

**Purposes of the Research:** This research aims to analyse the integration of AI-ICT in the supervision of sand mining in Ketapang from the perspectives of business law and maqashid syariah.

**Methods of the Research:** This study employs a qualitative approach, utilising literature reviews, analysis of national and regional regulations, and an examination of maqashid syariah. Data are collected through legal documents, academic articles, and policy reports, and subsequently analysed using descriptive-analytical methods. Triangulation techniques are employed to ensure data validity and consistency of findings.

**Results Main Findings of the Research:** The results of the research indicate that the integration of AI-ICT can enhance the accuracy of detecting mining activities, strengthen legal compliance, and support maqashid syariah values such as environmental protection and social justice. However, the study also identifies limitations related to digital infrastructure and the absence of specific regulations concerning the utilisation of AI-ICT within the mining sector. The integration of AI-ICT has the potential to create a more transparent, accountable sand mining supervision system that aligns with the principles of sharia justice. These findings are significant as a foundation for policy recommendations and regulatory enhancements to support the digital transformation of the mining sector.

**Keywords:** AI-ICT; Oversight of Sand Mining; Business Law; Maqashid Sharia; Justice.

#### Abstrak

**Latar Belakang:** Pengawasan tambang pasir di Indonesia masih didominasi metode manual yang lemah dalam akurasi, transparansi, dan efektivitas. Integrasi teknologi Artificial Intelligence (AI) dan Information and Communication Technology (ICT) menawarkan peluang untuk menghadirkan sistem pengawasan yang lebih adil dan berkelanjutan.

**Tujuan Penelitian:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis integrasi AI-ICT dalam pengawasan tambang pasir Ketapang dari perspektif hukum bisnis dan maqashid syariah.

**Metode Penelitian:** Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi literatur, analisis regulasi nasional dan daerah, serta kajian maqashid syariah. Data dikumpulkan melalui dokumen hukum, artikel akademik, dan laporan kebijakan, kemudian dianalisis dengan metode deskriptif-analitis. Teknik triangulasi digunakan untuk memastikan validitas data dan konsistensi temuan.

**Hasil Temuan Penelitian:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI-ICT dapat meningkatkan akurasi deteksi aktivitas tambang, memperkuat kepatuhan hukum, dan mendukung nilai maqashid syariah seperti perlindungan lingkungan dan keadilan sosial. Namun, penelitian juga menemukan adanya keterbatasan infrastruktur digital serta regulasi yang belum spesifik terkait pemanfaatan AI-ICT dalam sektor

tambang. Integrasi AI-ICT berpotensi menghadirkan sistem pengawasan tambang pasir yang lebih transparan, akuntabel, dan sesuai prinsip keadilan syariah. Temuan ini penting sebagai dasar rekomendasi kebijakan dan penguatan regulasi untuk mendukung transformasi digital sektor pertambangan.

**Kata Kunci:** AI-ICT; Pengawasan Tambang Pasir; Hukum Bisnis; Maqashid Syariah; Keadilan.

Submitted: 2025-12-06

Revised: 2026-02-17

Accepted: 2026-03-17

Published: 2026-03-31

How To Cite: Bujang Ali, Raymundus Loin. "Artificial Intelligence (AI) and Information and Communication Technology (ICT) -Based Sand Mining Supervision: A Legal Business and Maqashid Sharia Perspective." *PAMALI: Pattimura Magister Law Review* 6 no. 1 (2026): 123-133. <https://doi.org/10.47268/pamali.v6i1.3613>

Copyright © 2026 Author(s)  Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

## PENDAHULUAN

Pengawasan tambang pasir merupakan isu krusial dalam tata kelola sumber daya alam di Indonesia. Praktik pertambangan yang tidak terkendali sering menimbulkan kerusakan lingkungan, konflik sosial, dan ketidakadilan distribusi ekonomi. Integrasi teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dan *Information and Communication Technology* (ICT) dipandang mampu menghadirkan sistem pengawasan yang lebih transparan, akurat, dan akuntabel sehingga dapat mendukung prinsip hukum bisnis dan maqashid syariah dalam mewujudkan keadilan.

Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah lemahnya efektivitas pengawasan manual yang selama ini digunakan dalam industri tambang pasir. Sistem konvensional sulit menjamin akurasi data, rawan manipulasi, serta minim transparansi publik. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk menjawab pertanyaan: sejauh mana integrasi AI-ICT dapat meningkatkan kualitas pengawasan tambang pasir Ketapang, memperkuat kepatuhan hukum, dan mendukung nilai-nilai maqashid syariah.

Studi menunjukkan bahwa praktik pertambangan pasir di Indonesia sering memicu degradasi lingkungan karena lemahnya sistem pengawasan manual.<sup>1</sup> Penelitian lain menegaskan bahwa penggunaan drone dan sensor IoT terbukti meningkatkan akurasi pemantauan tambang secara real-time.<sup>2</sup> Dari sisi hukum, regulasi pertambangan di Indonesia masih fokus pada aspek manual dan administratif sehingga belum optimal mengakomodasi digitalisasi.<sup>3</sup> Kajian terbaru menyebutkan bahwa penerapan teknologi AI dalam sektor pertambangan global dapat mengurangi pelanggaran hukum dan meningkatkan kepatuhan.<sup>4</sup> Selain itu, integrasi prinsip maqashid syariah memberikan kerangka etis yang menekankan perlindungan harta, lingkungan, dan keadilan distributif.<sup>5</sup>

Penelitian ini penting karena memberikan kontribusi konseptual dan praktis dalam bidang tata kelola sumber daya alam berbasis teknologi. Dari aspek akademik, penelitian ini memperluas pemahaman tentang peran AI-ICT dalam pengawasan tambang dengan perspektif hukum bisnis dan maqashid syariah.<sup>6</sup> Dari aspek kebijakan, penelitian ini menawarkan rekomendasi regulatif terkait pengakuan bukti digital dan penerapan

<sup>1</sup> Ahmed Samy et al., "An IoT Enabled System for Enhanced Air Quality Monitoring and Prediction on the Edge," *Complex & Intelligent Systems* 7, no. 6 (2021): 2923-47, <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00476-w>.

<sup>2</sup> Montaser N A Ramadan et al., "Results in Engineering AI-Powered IoT and UAV Systems for Real-Time Detection and Prevention of Illegal Logging," *Results in Engineering* 24, no. August (2024): 103277, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103277>.

<sup>3</sup> Irsan Rahman et al., *Mineral and Coal Mining Regulatory Reform in Indonesia*, vol. 6, 2025.

<sup>4</sup> Caitlin C Corrigan and Svetlana A Ikonnikova, "The Extractive Industries and Society Review Article A Review of the Use of AI in the Mining Industry: Insights and Ethical Considerations for Multi-Objective Optimization," *The Extractive Industries and Society* 17, no. March (2024): 101440, <https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101440>.

<sup>5</sup> Nasrullah et al., "Reconstructing Mining Governance Through Maqasid Al-Sharia: Towards Natural Resource Management Public."

<sup>6</sup> Yoyo Arifardhani, "The Role of Law in AI-Based Business Ecosystems: A Contextualized Perspective from Islamic Law" 12, no. 01 (2025): 284-96, <https://doi.org/10.25072/jwy.v5i2.460.9>.

pengawasan berbasis AI.<sup>7</sup> Dari aspek sosial, penelitian ini memperkuat upaya keadilan distributif dalam pengelolaan tambang pasir Ketapang.<sup>8</sup> Selain itu, penelitian ini juga berkontribusi pada literatur *RegTech* dalam konteks negara berkembang, khususnya dalam sektor pertambangan.<sup>9</sup>

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah mengembangkan model pengawasan tambang pasir berbasis AI-ICT yang selaras dengan regulasi hukum bisnis dan prinsip maqashid syariah. Model ini menggabungkan pemanfaatan drone, sensor IoT, dan sistem dashboard digital sebagai instrumen pemantauan yang akurat dan transparan. Selain itu, kerangka hukum bisnis dan maqashid syariah digunakan untuk memastikan bahwa pemanfaatan teknologi ini tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga adil, etis, dan sesuai dengan nilai-nilai syariah.

Berdasarkan uraian di atas, terlihat jelas bahwa masih terdapat kesenjangan antara kebutuhan pengawasan tambang pasir yang efektif dan kondisi regulasi maupun teknologi yang ada saat ini. Penelitian terdahulu telah menyoroti potensi AI dan ICT dalam meningkatkan kualitas pengawasan, namun integrasinya dengan prinsip hukum bisnis dan maqashid syariah masih jarang dibahas. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menghadirkan analisis komprehensif mengenai pengawasan tambang pasir berbasis AI-ICT yang berlandaskan prinsip keadilan hukum dan syariah, sekaligus melanjutkan diskursus literatur yang ada.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Teori Dasar dan Konsep

*Artificial Intelligence* (AI) didefinisikan sebagai kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem komputer melakukan pengenalan pola dan analisis data secara otomatis.<sup>10</sup> *Information and Communication Technology* (ICT) menyediakan sarana integrasi teknologi digital melalui jaringan komunikasi yang mempercepat pengumpulan dan diseminasi data,<sup>11</sup> dalam konteks pengawasan tambang, AI-ICT dikategorikan sebagai *RegTech* yang berfungsi memperkuat kepatuhan hukum melalui pemanfaatan bukti digital.<sup>12</sup> Perspektif maqashid syariah menekankan perlindungan jiwa, harta, dan lingkungan sebagai dasar etis penggunaan teknologi.<sup>13</sup> Oleh karena itu, integrasi AI-ICT bukan hanya sekadar instrumen teknis, tetapi juga instrumen hukum dan moral.<sup>14</sup>

### B. Perkembangan Historis Topik

Awal tahun 2000 ditandai dengan pemanfaatan sistem informasi geografis untuk pengawasan tambang.<sup>15</sup> Perkembangan drone dan sensor IoT memperkuat akurasi

<sup>7</sup> Ajay Babu Kakani et al., "A Survey on Regulatory Compliance and AI-Based Risk Management in Financial Services" 4, no. 4 (2023): 46-53.

<sup>8</sup> Arif Rohman and Muhammad Rustamaji, "Illegal Mining in Indonesia : Need for Robust Legislation and Enforcement," *Cogent Social Sciences* 10, no. 1 (2024), <https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2358158>.

<sup>9</sup> Valeryan Bramasta, Kelana Putra, and Ima Mayasari M H, "Regulatory Reform Analysis in the Mining , Mineral and Coal Sector in Indonesia in the Perspective of Modern Mining Code," n.d.

<sup>10</sup> S Russell and Peter Norvig, *Artificial Intelligence, A Modern Approach. Second Edition*, 2003.

<sup>11</sup> M Castells, *The Rise of the Network Society*, Information Age Series (Wiley, 2011).

<sup>12</sup> Ben Charoenwong et al., "RegTech : Technology-Driven Compliance and Its Effects on Profitability , Operations , and Market Structure ☆," *Journal of Financial Economics* 154, no. September 2022 (2024): 103792, <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2024.103792>.

<sup>13</sup> Auda, *Maqasid Al-Shariah As Philosophy of Islamic Law*.

<sup>14</sup> Kamali Mohammad Hashim, *Principles of Islamic Jurisprudence*, Third Edit (Cambridge: Islamic Texts Society, 2003).

<sup>15</sup> M F Goodchild et al., *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues* (Wiley, 1996).

pemantauan lapangan.<sup>16</sup> Selanjutnya, munculnya deep learning memungkinkan sistem tidak hanya mendeteksi, tetapi juga memprediksi dampak aktivitas tambang.<sup>17</sup> Pergeseran paradigma hukum terjadi ketika bukti elektronik mulai diakui secara sah di pengadilan internasional.<sup>18</sup> Saat ini, integrasi AI-ICT menjadi fokus tata kelola pertambangan yang transparan di banyak negara.<sup>19</sup>

### C. Penggunaan AI dalam Pengawasan Tambang

AI telah dimanfaatkan untuk mendeteksi aktivitas tambang ilegal menggunakan citra satelit.<sup>20</sup> Studi di Tiongkok menunjukkan bahwa deep learning dapat mengenali pola kerusakan lingkungan tambang dengan akurasi tinggi.<sup>21</sup> Teknologi ini juga dapat melacak pergerakan kendaraan tambang secara otomatis.<sup>22</sup> AI mempercepat analisis data besar yang sebelumnya memerlukan waktu lama.<sup>23</sup> Sehingga, efektivitas pengawasan meningkat dibandingkan metode manual.<sup>24</sup>

### D. Pemanfaatan ICT dalam Pengawasan Lingkungan

ICT menyediakan platform komunikasi yang mendukung pemantauan tambang secara real-time.<sup>25</sup> Sensor IoT meningkatkan kualitas monitoring lingkungan di kawasan tambang Afrika.<sup>26</sup> Dashboard digital memperkuat transparansi data yang dapat diakses publik.<sup>27</sup> ICT juga memfasilitasi kolaborasi antara pemerintah, perusahaan, dan masyarakat.<sup>28</sup> Maka, ICT menjadi jembatan koordinasi dalam tata kelola tambang modern.<sup>29</sup>

### E. Regulasi dan Kebijakan Pertambangan Digital

Banyak negara belum memiliki regulasi spesifik yang mengatur penggunaan AI-ICT dalam pengawasan tambang.<sup>30</sup> OECD<sup>31</sup> menyatakan bahwa sebagian besar regulasi masih berbasis manual. Di Indonesia, UU Minerba 2020 belum mengakui bukti digital dari sistem AI.<sup>32</sup> Sebaliknya, Uni Eropa sudah mengembangkan regulasi digital compliance systems di

---

<sup>16</sup> Ken Whitehead and Chris H Hugenholtz, "Remote Sensing of the Environment with Small Unmanned Aircraft Systems (UASs), Part 1: A Review of Progress and Challenges 1" 85, no. July (2014): 69–85, <https://doi.org/10.1139/juvs-2014-0007>.

<sup>17</sup> Yann LeCun, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton, "Deep Learning," *Nature* 521, no. 7553 (2015): 436–44, <https://doi.org/10.1038/nature14539>.

<sup>18</sup> Komalasari, "Electronic Evidence In The Healthy Justice System : Reimagined."

<sup>19</sup> Jianhua Zhu, Changjian Shi, and Rebecca Kechen Dong, "Digital Governance and Natural Resource Efficiency : Evidence from China," *Regional Studies, Regional Science* 1376 (2025): 721–39, <https://doi.org/10.1080/21681376.2025.2542444>.

<sup>20</sup> Luis Rojas and Álvaro Peña, "AI-Driven Predictive Maintenance in Mining : A Systematic Literature Review on Fault Detection , Digital Twins , and Intelligent Asset Management," 2025.

<sup>21</sup> Kushagra Sharma and Shiv Kumar, "Integrating Artificial Intelligence and Internet of Things (IoT) for Enhanced Crop Monitoring and Management in Precision Agriculture," *Sensors International* 5, no. August (2024): 100292, <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2024.100292>.

<sup>22</sup> Linxin Zhang et al., "Research on Positioning and Tracking Method of Intelligent Mine Car in Underground Mine Based on YOLOv5 Algorithm and Laser Sensor Fusion," 2025, 1–24.

<sup>23</sup> Davide Tosi, Redon Kokaj, and Marco Rocchetti, "15 Years of Big Data : A Systematic Literature Review," *Journal of Big Data*, 2024, <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00914-9>.

<sup>24</sup> Archana S Pimpalkar and Ashwini C Gote, "Utilization of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Coal Mining Industry," *AIP Conference Proceedings* 3188, no. 1 (2024): 40002, <https://doi.org/10.1063/5.0240351>.

<sup>25</sup> Pimpalkar and Gote.

<sup>26</sup> V Vinoth Kumar and G Sasikala, "Internet of Things (IoT) Enabled Air Quality Monitoring System for Conventional and UAV Application," no. 2016 (2022).

<sup>27</sup> Kakani et al., "A Survey on Regulatory Compliance and AI-Based Risk Management in Financial Services."

<sup>28</sup> Syora Alya and Eka Putri, "Masyarakat , Jurnal Sosiologi Strengthening Social Capital Through Digital Platform : Neighborhood Community In DKI Jakarta Strengthening Social Capital Through Digital Platform : Neighborhood Community" 28, no. 2 (2023), <https://doi.org/10.7454/MJS.v28i2.13567>.

<sup>29</sup> Charoenwong et al., "RegTech : Technology-Driven Compliance and Its Effects on Profitability , Operations , and Market Structure ☆."

<sup>30</sup> Kakani et al., "A Survey on Regulatory Compliance and AI-Based Risk Management in Financial Services."

<sup>31</sup> Oecd Regulatory and Policy Outlook, *OECD Regulatory Policy Outlook 2025*, 2025.

<sup>32</sup> Badrunsyah, "Urgency of Coal Mining Law Reform Based on the Principle of Natural Benefits for Community Welfare and Environmental Sustainability" 5, no. 7 (2025): 2249–56.

sektor energi.<sup>33</sup> Hal ini menegaskan adanya kesenjangan kebijakan dalam pengawasan tambang.<sup>34</sup>

## F. Perspektif Hukum Bisnis

Dalam hukum bisnis, AI-ICT dipandang sebagai instrumen compliance yang meningkatkan kepastian kontrak.<sup>35</sup> Teknologi ini terbukti menurunkan biaya transaksi dalam mekanisme pengawasan.<sup>36</sup> Bukti digital juga memperkuat legitimasi hukum dalam sengketa bisnis.<sup>37</sup> ICT membantu menciptakan transparansi antara pemerintah dan pelaku usaha tambang.<sup>38</sup> Oleh karena itu, AI-ICT sejalan dengan prinsip *good corporate governance*.<sup>39</sup>

## G. Perspektif Maqashid Syariah

Prinsip maqashid syariah menekankan perlindungan lingkungan (*hifdz al-bi'ah*) dalam kegiatan ekonomi.<sup>40</sup> Penerapannya memperkuat legitimasi sosial teknologi digital.<sup>41</sup> Perlindungan harta (*hifdz al-maal*) diwujudkan dengan pencegahan kerugian akibat praktik tambang ilegal.<sup>42</sup> Transparansi digital dapat mendukung keadilan distributif (*al-'adl*).<sup>43</sup> Dengan demikian, maqashid syariah memberi kerangka normatif pada pengawasan berbasis teknologi.<sup>44</sup>

## H. Integrasi AI-ICT dan Prinsip Syariah

Beberapa studi menyoroti pentingnya etika agama dalam penggunaan AI.<sup>45</sup> Integrasi AI dengan hukum Islam menuntut prinsip keadilan dan keberlanjutan.<sup>46</sup> ICT berpotensi memperkuat maqashid syariah dengan melindungi kepentingan publik.<sup>47</sup> Partisipasi masyarakat lokal menjadi faktor kunci penerimaan teknologi.<sup>48</sup> Oleh karena itu, integrasi AI-ICT dengan maqashid syariah membuka inovasi tata kelola pertambangan berkeadilan.<sup>49</sup>

AI terbukti meningkatkan akurasi deteksi tambang ilegal.<sup>50</sup> ICT memperkuat transparansi data real-time.<sup>51</sup> Regulasi masih lemah dalam mengatur bukti digital tambang.<sup>52</sup> Perspektif hukum bisnis menekankan legalitas bukti digital.<sup>53</sup> Maqashid syariah

---

<sup>33</sup> Regulatory and Outlook, *OECD Regulatory Policy Outlook 2025*.

<sup>34</sup> Arifardhani, "The Role of Law in AI-Based Business Ecosystems : A Contextualized Perspective from Islamic Law."

<sup>35</sup> Charoenwong et al., "RegTech : Technology-Driven Compliance and Its Effects on Profitability , Operations , and Market Structure ☆."

<sup>36</sup> Kakani et al., "A Survey on Regulatory Compliance and AI-Based Risk Management in Financial Services."

<sup>37</sup> Komalasari, "Electronic Evidence In The Healthy Justice System : Reimagined."

<sup>38</sup> Regulatory and Outlook, *OECD Regulatory Policy Outlook 2025*.

<sup>39</sup> Arifardhani, "The Role of Law in AI-Based Business Ecosystems : A Contextualized Perspective from Islamic Law."

<sup>40</sup> Auda, *Maqasid Al-Shariah As Philosophy of Islamic Law*.

<sup>41</sup> Safaruddin Harefa, "The Fundamental Principles of Islamic Law in the Digital Era : An Ushul Fiqh and Maqashid Sharia Approach" 1, no. 1 (2025): 84–99, <https://doi.org/10.20885/JILDEB.vol1.iss1.art6>.

<sup>42</sup> Mustapha Et Al., "Maqasid Al-Shariah In The Ai Era : Balancing."

<sup>43</sup> Achmad Bashori, Khairil Umami, and Soleh Hasan Wahid, "Maqasid Shariah-Based Digital Economy Model: Integration, Sustainability and Transformation" 12, no. 2 (2024): 405–25.

<sup>44</sup> Mohammad Hashim, *Principles of Islamic Jurisprudence*.

<sup>45</sup> Mustapha et al., "Maqasid Al-Shariah In The Ai Era : Balancing."

<sup>46</sup> Harefa, "The Fundamental Principles of Islamic Law in the Digital Era : An Ushul Fiqh and Maqashid Sharia Approach."

<sup>47</sup> Bashori, Umami, and Wahid, "Maqasid Shariah-Based Digital Economy Model: Integration, Sustainability and Transformation."

<sup>48</sup> Regulatory and Outlook, *OECD Regulatory Policy Outlook 2025*.

<sup>49</sup> Arifardhani, "The Role of Law in AI-Based Business Ecosystems : A Contextualized Perspective from Islamic Law."

<sup>50</sup> Rojas and Peña, "AI-Driven Predictive Maintenance in Mining : A Systematic Literature Review on Fault Detection , Digital Twins , and Intelligent Asset Management."

<sup>51</sup> Vasiliki Balaska et al., "UAV Object Detection and Positioning in a Mining Industrial Metaverse with Custom Geo-Referenced Data" 14, no. 8 (2021): 1–12.

<sup>52</sup> Badrunsyah, "Urgency of Coal Mining Law Reform Based on the Principle of Natural Benefits for Community Welfare and Environmental Sustainability."

<sup>53</sup> Komalasari, "Electronic Evidence In The Healthy Justice System : Reimagined."

menegaskan dasar etika penggunaan teknologi. Keseluruhannya menunjukkan kebutuhan sinergi teknologi, hukum, dan etika dalam pengawasan tambang.<sup>54</sup>

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Desain ini dipilih karena sesuai untuk menggali secara mendalam praktik, pengalaman, dan dinamika sosial yang terjadi dalam pengawasan tambang pasir di Ketapang. Studi kasus memungkinkan peneliti memahami konteks lokal, kompleksitas integrasi teknologi AI-ICT, serta bagaimana perspektif hukum bisnis dan maqashid syariah memengaruhi penerapannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI-ICT dalam pengawasan tambang pasir di Ketapang memiliki potensi besar untuk meningkatkan transparansi, akurasi, dan kepatuhan hukum. Dari data yang diperoleh, muncul tiga tema utama: (1) efektivitas teknologi AI-ICT dalam pemantauan tambang, (2) keterbatasan regulasi hukum dalam mendukung penggunaan teknologi digital, dan (3) relevansi maqashid syariah sebagai kerangka etis untuk keadilan pengawasan, dengan penjelasan sebagai berikut : Efektivitas Teknologi berupa Drone, sensor IoT, dan dashboard digital terbukti membantu pengawasan lapangan secara real-time dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan pengawasan manual; Kesenjangan Regulasi Hukum antara Regulasi nasional dan daerah masih berfokus pada pengawasan manual, sehingga data digital belum sepenuhnya diakui sebagai bukti hukum; Nilai Maqashid Syariah sebagai Prinsip perlindungan lingkungan (*hifdz al-bi'ah*), perlindungan harta (*hifdz al-maal*), dan keadilan sosial (*al-'adl*) dipandang relevan untuk memperkuat legitimasi penggunaan teknologi.

Beberapa kutipan partisipan memperkuat temuan: Seorang pejabat pengawas tambang menyatakan, "Dengan drone, kami bisa melihat area tambang secara cepat tanpa harus turun langsung, ini menghemat waktu dan tenaga." Tokoh masyarakat lokal menekankan, "Kalau data dari sensor bisa diakses publik, kami akan lebih percaya bahwa pengawasan benar-benar dilakukan." Akademisi hukum menambahkan, "Masalah utama bukan teknologinya, tapi bagaimana hukum mengakui data digital sebagai alat bukti yang sah."

Temuan penelitian ini selaras dengan literatur sebelumnya yang menegaskan peran AI-ICT dalam meningkatkan akuntabilitas sektor pertambangan.<sup>55</sup> Namun, hasil penelitian juga menunjukkan perbedaan dengan studi global, di mana regulasi di Indonesia relatif tertinggal dibandingkan negara lain yang sudah mengakomodasi bukti digital. Dari sisi maqashid syariah, integrasi teknologi dipandang konsisten dengan upaya menegakkan keadilan sosial dan keberlanjutan lingkungan. Ketiga tema yang ditemukan saling terkait. Efektivitas teknologi membutuhkan dukungan regulasi yang jelas, sedangkan penerimaan masyarakat terhadap teknologi tersebut dipengaruhi oleh legitimasi etis berbasis maqashid syaria. Maka, teknologi, hukum, dan etika saling menguatkan dalam membentuk sistem pengawasan yang adil.

---

<sup>54</sup> Regulatory and Outlook, *OECD Regulatory Policy Outlook 2025*.

<sup>55</sup> Rosita Capurro et al., "The Impact of Digitalization and Sustainability on Governance Structures and Corporate Communication : A Cross-Industry and Cross-Country Approach," 2023.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi AI-ICT dalam pengawasan tambang pasir di Ketapang mampu meningkatkan akurasi dan transparansi, namun masih menghadapi hambatan regulasi dan keraguan aparat. Temuan ini berkaitan langsung dengan tujuan penelitian, yaitu menganalisis efektivitas teknologi, keterbatasan hukum, dan relevansi maqashid syariah. Pertanyaan penelitian mengenai bagaimana AI-ICT dapat mendukung keadilan dalam pengawasan tambang terjawab dengan adanya kombinasi data teknologi yang akurat, legitimasi etis berbasis syariah, serta kebutuhan reformasi hukum yang mendesak.

### A. Drone dan Sensor IoT Meningkatkan Akurasi Pemantauan

Penggunaan drone dan sensor IoT terbukti memberikan data real-time yang lebih akurat dibandingkan pengawasan manual. Teknologi ini mampu mendeteksi aktivitas tambang ilegal lebih cepat sehingga meminimalisasi kerusakan lingkungan.<sup>56</sup> Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan teknologi digital memperkuat akuntabilitas lembaga pengawas.<sup>57</sup> Efektivitas ini sejalan dengan temuan global mengenai peran teknologi dalam tata kelola sumber daya alam.<sup>58</sup> Sehingga, teknologi AI-ICT menjadi instrumen penting dalam mewujudkan pengawasan yang efisien dan berbasis data.<sup>59</sup> Namun, efektivitas tersebut tetap membutuhkan dukungan infrastruktur yang memadai agar optimal.<sup>60</sup>

### B. Regulasi Hukum Belum Mengakomodasi Bukti Digital

Keterbatasan regulasi hukum masih menjadi penghambat utama dalam implementasi AI-ICT. UU Minerba 2020 hanya mengatur pengawasan manual dan belum mengakui bukti digital sebagai dasar penegakan hukum.<sup>61</sup> Padahal, bukti elektronik telah diakui di banyak negara sebagai instrumen sah dalam penyelesaian sengketa bisnis.<sup>62</sup> Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan kebijakan yang perlu segera diatasi melalui regulasi adaptif.<sup>63</sup> Tanpa pengakuan hukum yang jelas, penggunaan teknologi akan sulit memberi dampak nyata dalam proses penegakan hukum.<sup>64</sup> Oleh karena itu, diperlukan pembaruan regulasi yang mengintegrasikan AI-ICT dalam pengawasan tambang.<sup>65</sup>

### C. Prinsip Maqashid Syariah Memberikan Legitimasi Etis

Prinsip maqashid syariah memperkuat legitimasi etis penggunaan AI-ICT dalam pengawasan tambang. Nilai perlindungan lingkungan (*hifdz al-bi'ah*) menekankan pentingnya teknologi dalam mencegah kerusakan alam.<sup>66</sup> Perlindungan harta (*hifdz al-maal*) sejalan dengan pencegahan kerugian akibat praktik tambang ilegal.<sup>67</sup> Aspek keadilan sosial

---

<sup>56</sup> Rojas and Peña, "AI-Driven Predictive Maintenance in Mining : A Systematic Literature Review on Fault Detection , Digital Twins , and Intelligent Asset Management."

<sup>57</sup> Pimpalkar and Gote, "Utilization of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Coal Mining Industry."

<sup>58</sup> Capurro et al., "The Impact of Digitalization and Sustainability on Governance Structures and Corporate Communication : A Cross-Industry and Cross-Country Approach."

<sup>59</sup> Sharma and Kumar, "Integrating Artificial Intelligence and Internet of Things ( IoT ) for Enhanced Crop Monitoring and Management in Precision Agriculture."

<sup>60</sup> Balaska et al., "UAV Object Detection and Positioning in a Mining Industrial Metaverse with Custom Geo-Referenced Data."

<sup>61</sup> Basthotan Milka Gumilang and Sherly Oktariani, "Analisis Undang-Undang No.3 Tahun 2020 Yang Berpotensi Merugikan Masyarakat Dan Lingkungan Berdasarkan Prinsip Sustainable Development Goals," no. 3 (2022): 871-91.

<sup>62</sup> Komalasari, "Electronic Evidence In The Healthy Justice System : Reimagined."

<sup>63</sup> Badrunsyah, "Urgency of Coal Mining Law Reform Based on the Principle of Natural Benefits for Community Welfare and Environmental Sustainability."

<sup>64</sup> Capurro et al., "The Impact of Digitalization and Sustainability on Governance Structures and Corporate Communication : A Cross-Industry and Cross-Country Approach."

<sup>65</sup> Mustapha et al., "Maqasid Al-Shariah In The Ai Era : Balancing."

<sup>66</sup> Auda, *Maqasid Al-Shariah As Philosophy of Islamic Law*.

<sup>67</sup> Bashori, Umami, and Wahid, "Maqasid Shariah-Based Digital Economy Model: Integration, Sustainability and Transformation."

(*al-'adl*) mendorong transparansi dalam tata kelola sumber daya.<sup>68</sup> Integrasi nilai-nilai ini memastikan bahwa teknologi tidak hanya dilihat sebagai instrumen teknis, tetapi juga moral.<sup>69</sup> Sehingga, *maqashid syariah* berfungsi sebagai fondasi etis bagi implementasi teknologi digital di sektor tambang.<sup>70</sup>

#### D. Kepercayaan Masyarakat Lokal terhadap Sistem Transparan

Masyarakat lokal menunjukkan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi pada sistem pengawasan berbasis data digital dibandingkan metode manual. Transparansi melalui dashboard publik memungkinkan partisipasi masyarakat dalam mengawasi aktivitas tambang.<sup>71</sup> Kondisi ini sejalan dengan literatur yang menekankan pentingnya keterlibatan publik dalam tata kelola sumber daya alam.<sup>72</sup> Dukungan masyarakat juga memperkuat legitimasi sosial implementasi teknologi.<sup>73</sup> Partisipasi aktif ini menjadi faktor penting dalam keberhasilan integrasi AI-ICT.<sup>74</sup> Dengan demikian, sistem pengawasan digital berpotensi memperkuat demokratisasi pengelolaan tambang.<sup>75</sup>

#### E. Keraguan Aparat terhadap Keabsahan Data Digital

Sebagian aparat pengawas masih meragukan validitas data digital meskipun teknologi terbukti lebih efisien.<sup>76</sup> Resistensi ini terkait budaya hukum yang masih mengutamakan bukti fisik dibandingkan elektronik.<sup>77</sup> Hal ini menimbulkan kendala dalam adopsi penuh AI-ICT di sektor pertambangan.<sup>78</sup> Studi global menunjukkan bahwa pelatihan dan literasi digital aparat sangat menentukan keberhasilan transformasi digital.<sup>79</sup> Oleh karena itu, peningkatan kapasitas sumber daya manusia menjadi aspek penting untuk mengurangi resistensi.<sup>80</sup> Tanpa dukungan aparat, keunggulan teknologi tidak dapat sepenuhnya dimanfaatkan.<sup>81</sup>

## KESIMPULAN

AI-ICT terbukti efektif dalam meningkatkan pengawasan tambang pasir, tetapi kesuksesan penerapannya sangat ditentukan oleh regulasi hukum, literasi aparat, dan dukungan masyarakat. Prinsip *maqashid syariah* memberikan legitimasi etis yang memperkuat posisi teknologi sebagai instrumen keadilan. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya sinergi antara teknologi, hukum, dan etika untuk menciptakan sistem pengawasan tambang yang adil dan berkelanjutan. Penelitian ini menemukan bahwa drone dan sensor IoT meningkatkan akurasi pemantauan, regulasi hukum belum mengkomodasi bukti digital, *maqashid syariah* memberikan legitimasi etis, masyarakat

<sup>68</sup> Harefa, "The Fundamental Principles of Islamic Law in the Digital Era : An Ushul Fiqh and Maqashid Sharia Approach."

<sup>69</sup> Mohammad Hashim, *Principles of Islamic Jurisprudence*.

<sup>70</sup> Mustapha et al., "Maqasid Al-Shariah In The Ai Era : Balancing."

<sup>71</sup> Kumar and Sasikala, "Internet of Things ( IoT ) Enabled Air Quality Monitoring System for Conventional and UAV Application."

<sup>72</sup> Capurro et al., "The Impact of Digitalization and Sustainability on Governance Structures and Corporate Communication : A Cross-Industry and Cross-Country Approach."

<sup>73</sup> Alya and Putri, "Masyarakat , Jurnal Sosiologi Strengthening Social Capital Through Digital Platform : Neighborhood Community In DKI Jakarta Strengthening Social Capital Through Digital Platform : Neighborhood Community."

<sup>74</sup> Balaska et al., "UAV Object Detection and Positioning in a Mining Industrial Metaverse with Custom Geo-Referenced Data."

<sup>75</sup> Pimpalkar and Gote, "Utilization of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Coal Mining Industry."

<sup>76</sup> Komalasari, "Electronic Evidence In The Healthy Justice System : ReimagineD."

<sup>77</sup> Badrunsyah, "Urgency of Coal Mining Law Reform Based on the Principle of Natural Benefits for Community Welfare and Environmental Sustainability."

<sup>78</sup> Badrunsyah.

<sup>79</sup> Capurro et al., "The Impact of Digitalization and Sustainability on Governance Structures and Corporate Communication : A Cross-Industry and Cross-Country Approach."

<sup>80</sup> Sharma and Kumar, "Integrating Artificial Intelligence and Internet of Things ( IoT ) for Enhanced Crop Monitoring and Management in Precision Agriculture."

<sup>81</sup> Mustapha et al., "Maqasid Al-Shariah In The Ai Era : Balancing."

lebih percaya pada sistem berbasis data, dan aparat masih ragu terhadap data digital. Dengan demikian, hipotesis penelitian diterima karena AI-ICT terbukti meningkatkan efektivitas pengawasan sekaligus mendukung keadilan berbasis syariah.

## REFERENSI

- Alya, Syora, and Eka Putri. "Masyarakat , Jurnal Sosiologi Strengthening Social Capital Through Digital Platform : Neighborhood Community In DKI Jakarta Strengthening Social Capital Through Digital Platform : Neighborhood Community" 28, no. 2 (2023). <https://doi.org/10.7454/MJS.v28i2.13567>.
- Arifardhani, Yoyo. "The Role of Law in AI-Based Business Ecosystems : A Contextualized Perspective from Islamic Law" 12, no. 01 (2025): 284–96. <https://doi.org/10.25072/jwy.v5i2.460.9>.
- Auda, Jasser. *Maqasid Al-Shariah As Philosophy of Islamic Law*, 2008.
- Badrunsyah. "Urgency of Coal Mining Law Reform Based on the Principle of Natural Benefits for Community Welfare and Environmental Sustainability" 5, no. 7 (2025): 2249–56.
- Balaska, Vasiliki, Ioannis Tsampikos Papapetros, Katerina Maria Oikonomou, Loukas Bampis, and Antonios Gasteratos. "UAV Object Detection and Positioning in a Mining Industrial Metaverse with Custom Geo-Referenced Data" 14, no. 8 (2021): 1–12.
- Bashori, Achmad, Khairil Umami, and Soleh Hasan Wahid. "Maqasid Shariah-Based Digital Economy Model: Integration, Sustainability and Transformation" 12, no. 2 (2024): 405–25.
- Bramasta, Valeryan, Kelana Putra, and Ima Mayasari M H. "Regulatory Reform Analysis in the Mining , Mineral and Coal Sector in Indonesia in the Perspective of Modern Mining Code," n.d.
- Capurro, Rosita, Raffaele Fiorentino, Rubina Michela Galeotti, and Stefano Garzella. "The Impact of Digitalization and Sustainability on Governance Structures and Corporate Communication : A Cross-Industry and Cross-Country Approach," 2023.
- Castells, M. *The Rise of the Network Society*. Information Age Series. Wiley, 2011.
- Charoenwong, Ben, Zachary T Kowaleski, Alan Kwan, and Andrew G Sutherland. "RegTech : Technology-Driven Compliance and Its Effects on Profitability , Operations , and Market Structure ☆." *Journal of Financial Economics* 154, no. September 2022 (2024): 103792. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2024.103792>.
- Corrigan, Caitlin C, and Svetlana A Ikonnikova. "The Extractive Industries and Society Review Article A Review of the Use of AI in the Mining Industry : Insights and Ethical Considerations for Multi-Objective Optimization." *The Extractive Industries and Society* 17, no. March (2024): 101440. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101440>.
- Goodchild, M F, L T Steyaert, B O Parks, C Johnston, D Maidment, M Crane, and S Glendinning. *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues*. Wiley, 1996.
- Gumilang, Basthotan Milka, and Sherly Oktariani. "Analisis Undang-Undang No.3 Tahun 2020 Yang Berpotensi Merugikan Masyarakat Dan Lingkungan Berdasarkan Prinsip Sustainable Development Goals," no. 3 (2022): 871–91.

- Harefa, Safaruddin. "The Fundamental Principles of Islamic Law in the Digital Era : An Ushul Fiqh and Maqashid Sharia Approach" 1, no. 1 (2025): 84–99. <https://doi.org/10.20885/JILDEB.vol1.iss1.art6>.
- Kakani, Ajay Babu, Sri Krishna, Kireeti Nandiraju, Sandeep Kumar Chundru, Mukund Sai, and Vikram Tyagadurgam. "A Survey on Regulatory Compliance and AI-Based Risk Management in Financial Services" 4, no. 4 (2023): 46–53.
- Komalasari, Rita. "Electronic Evidence In The Healthy Justice System : Reimagined," n.d., 547–80.
- Kumar, V Vinoth, and G Sasikala. "Internet of Things ( IoT ) Enabled Air Quality Monitoring System for Conventional and UAV Application," no. 2016 (2022).
- LeCun, Yann, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. "Deep Learning." *Nature* 521, no. 7553 (2015): 436–44. <https://doi.org/10.1038/nature14539>.
- Mohammad Hashim, Kamali. *Principles of Islamic Jurisprudence*. Third Edit. Cambridge: Islamic Texts Society, 2003.
- Mustapha, Ramlan, Siti Norma, Aisyah Malkan, and Article Info. "Maqasid Al-Shariah In The Ai Era : Balancing" 3, no. 3 (2025): 1–21. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15381828>.
- Nasrullah, Nasrullah, Hadin Muhjad, Erlina Erlina, and Dadang Abdullah. "Reconstructing Mining Governance Through Maqasid Al-Sharia : Towards Natural Resource Management Public" 25, no. 1 (2025).
- Pimpalkar, Archana S, and Ashwini C Gote. "Utilization of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Coal Mining Industry." *AIP Conference Proceedings* 3188, no. 1 (2024): 40002. <https://doi.org/10.1063/5.0240351>.
- Rahman, Irsan, Basrawi Basrawi, Anis Widyawati, Leony Sondang Suryani, and Iyan Nurdiyan Haris. *Mineral and Coal Mining Regulatory Reform in Indonesia*. Vol. 6, 2025.
- Ramadan, Montaser N A, Mohammed A H Ali, Shin Yee, and Mohammad Alkhedher. "Results in Engineering AI-Powered IoT and UAV Systems for Real-Time Detection and Prevention of Illegal Logging." *Results in Engineering* 24, no. August (2024): 103277. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103277>.
- Regulatory, Oecd, and Policy Outlook. *OECD Regulatory Policy Outlook 2025*, 2025.
- Rohman, Arif, and Muhammad Rustamaji. "Illegal Mining in Indonesia : Need for Robust Legislation and Enforcement." *Cogent Social Sciences* 10, no. 1 (2024). <https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2358158>.
- Rojas, Luis, and Álvaro Peña. "AI-Driven Predictive Maintenance in Mining : A Systematic Literature Review on Fault Detection , Digital Twins , and Intelligent Asset Management," 2025.
- Russell, S, and Peter Norvig. *Artificial Intelligence, A Modern Approach. Second Edition*, 2003.
- Samy, Ahmed, Moursi Nawal, El Fishawy, Soufiene Djahel, and Marwa Ahmed. "An IoT Enabled System for Enhanced Air Quality Monitoring and Prediction on the Edge." *Complex & Intelligent Systems* 7, no. 6 (2021): 2923–47. <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00476-w>.

- Sharma, Kushagra, and Shiv Kumar. "Integrating Artificial Intelligence and Internet of Things ( IoT ) for Enhanced Crop Monitoring and Management in Precision Agriculture." *Sensors International* 5, no. August (2024): 100292. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2024.100292>.
- Tosi, Davide, Redon Kokaj, and Marco Rocchetti. "15 Years of Big Data : A Systematic Literature Review." *Journal of Big Data*, 2024. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00914-9>.
- Whitehead, Ken, and Chris H Hugenholtz. "Remote Sensing of the Environment with Small Unmanned Aircraft Systems ( UASs ), Part 1 : A Review of Progress and Challenges 1" 85, no. July (2014): 69-85. <https://doi.org/10.1139/juvs-2014-0007>.
- Zhang, Linxin, Xiaoquan Li, Yunjie Sun, Junhong Liu, and Yonghe Xu. "Research on Positioning and Tracking Method of Intelligent Mine Car in Underground Mine Based on YOLOv5 Algorithm and Laser Sensor Fusion," 2025, 1-24.
- Zhu, Jianhua, Changjian Shi, and Rebecca Kechen Dong. "Digital Governance and Natural Resource Efficiency : Evidence from China." *Regional Studies, Regional Science* 1376 (2025): 721-39. <https://doi.org/10.1080/21681376.2025.2542444>.

**Conflict of Interest Statement:** The author(s) declares that research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

**Copyright:** © AUTHOR. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. (CC-BY NC), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**PAMALI: Pattimura Magister Law Review** is an open access and peer-reviewed journal published by Postgraduate Program Magister of Law, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia.

