



## Efektivitas Penegakan Hukum Lingkungan terhadap Pengawasan Limbah Radioaktif di Kawasan Industri Cikande Banten

### *Effectiveness Of Environmental Law Enforcement On Radioactive Waste Supervision In Cikande Industrial Area Banten*

Muhammad Rafi Maulana<sup>a</sup>

#### ABSTRAK

Kasus kontaminasi radioaktif Cesium-137 yang ditemukan di Kawasan Industri Modern Cikande, Banten, menjadi bukti nyata lemahnya efektivitas penegakan hukum lingkungan di Indonesia, khususnya dalam pengawasan dan pengelolaan limbah radioaktif yang berpotensi membahayakan manusia dan ekosistem. Penelitian-penelitian sebelumnya mengenai penegakan hukum lingkungan belum banyak membahas secara mendalam tentang efektivitas pengawasan limbah radioaktif, terutama pada kawasan industri yang diawasi oleh lembaga teknis seperti BAPETEN dan KLHK. Penelitian ini berfokus pada pertanyaan bagaimana efektivitas penegakan hukum lingkungan terhadap pengawasan limbah radioaktif di kawasan industri Indonesia dengan studi kasus pada peristiwa Cikande. Untuk menjawab pertanyaan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan yuridis normatif dengan teori efektivitas hukum Soerjono Soekanto yang menitikberatkan pada aspek substansi hukum, struktur kelembagaan, dan budaya hukum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun perangkat hukum seperti Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran telah mengatur secara komprehensif mengenai pengawasan limbah radioaktif, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai kendala. Lemahnya koordinasi antar instansi, keterlambatan deteksi dini, dan belum terintegrasinya sistem pelaporan antar lembaga pengawas menjadikan pengawasan tidak berjalan optimal. Selain itu, sanksi yang diterapkan masih bersifat administratif dan belum konsisten menerapkan mekanisme pencegahan dini (*precautionary principle*), sehingga tidak menimbulkan efek jera bagi pelaku industri. Penelitian ini menegaskan bahwa efektivitas penegakan hukum lingkungan terhadap pengawasan limbah radioaktif hanya dapat tercapai apabila terdapat sinergi antar lembaga, penguatan kelembagaan, penerapan sistem pengawasan berbasis teknologi informasi, serta peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam menjaga lingkungan secara berkelanjutan.

**Kata kunci:** badan pengawas tenaga nuklir; cikande; efektivitas hukum; limbah radioaktif; penegakan hukum lingkungan.

#### ABSTRACT

The case of Cesium-137 radioactive contamination discovered at the Cikande Modern Industrial Area, Banten, stands as concrete evidence of the weak effectiveness of environmental law enforcement in Indonesia, particularly in the supervision and management of radioactive waste that poses potential harm to humans and ecosystems. Prior studies on environmental law enforcement have not sufficiently examined the effectiveness of radioactive waste supervision, especially in industrial areas overseen by technical agencies such as BAPETEN and KLHK. This study focuses on the question of how effective environmental law enforcement is in supervising radioactive waste in Indonesian industrial areas, with the Cikande incident as a case study. To address this question, the study employs a normative legal approach grounded in Soerjono Soekanto's theory of legal effectiveness, which emphasizes three aspects: legal substance, institutional structure, and legal culture. The

---

<sup>a</sup> Fakultas Hukum, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Indonesia. email korespondensi: [maulrafi117@gmail.com](mailto:maulrafi117@gmail.com)

*findings indicate that although legal instruments such as Law Number 32 of 2009 on Environmental Protection and Management and Law Number 10 of 1997 on Nuclear Energy have comprehensively regulated radioactive waste supervision, their implementation in the field continues to face numerous obstacles. Weak inter-agency coordination, delayed early detection, and the lack of integrated reporting systems among supervisory bodies have prevented supervision from functioning optimally. Furthermore, the sanctions applied remain predominantly administrative in nature and have not consistently implemented the precautionary principle as an early prevention mechanism, thereby failing to create adequate deterrence for industrial actors. This study affirms that effective environmental law enforcement in radioactive waste supervision can only be achieved through inter-institutional synergy, institutional capacity-building, the application of an information technology-based monitoring system, and enhanced public awareness and participation in sustaining environmental protection.*

**Keywords:** *cikande; environmental law enforcement; law effectiveness; nuclear supervisory agency; radioactive waste.*

## PENDAHULUAN

Penegakan hukum lingkungan yang lemah terhadap kawasan industri di Indonesia terbukti menimbulkan dampak serius, salah satunya melalui kasus kontaminasi radioaktif Cesium-137 di Kawasan Industri Modern Cikande, Banten. Kasus ini menunjukkan bahwa kelalaian pengawasan dan lemahnya sanksi hukum dapat mengancam keselamatan publik, lingkungan, serta reputasi ekonomi nasional. Menurut Zahroh, U. A., & Najicha, F. U., efektivitas hukum lingkungan tidak hanya ditentukan oleh keberadaan regulasi, tetapi juga oleh komitmen pemerintah dan pelaku industri dalam penerapannya.<sup>1</sup> Pada tahun 2025, pemerintah menetapkan status *kejadian khusus* setelah 22 fasilitas industri resmi dinyatakan terkontaminasi, dan lebih dari 700 kilogram besi bekas tercemar radioaktif diamankan dari lokasi tersebut. Beberapa produk ekspor seperti udang bahkan ditolak di pasar internasional akibat paparan radioaktif yang melebihi ambang batas. Berbagai laporan menyebut bahwa lambatnya deteksi serta koordinasi antar-lembaga menjadi penyebab meluasnya dampak kontaminasi di wilayah industri Cikande dan sekitarnya.<sup>2</sup> Oleh karena itu, lemahnya penegakan hukum terhadap kawasan industri telah memberikan efek nyata berupa kerugian lingkungan, sosial, dan ekonomi yang harus segera dievaluasi melalui pendekatan hukum yang lebih tegas dan terintegrasi.

Kajian mengenai efektivitas pelaksanaan hukum lingkungan di Indonesia, khususnya terkait pengawasan limbah radioaktif, semakin banyak dikaji dalam literatur akademik tiga tahun terakhir, antara lain oleh Sutrisno, et al. (2019) yang mengkaji penegakan hukum limbah B3 di Jawa Barat, Yue dan Fan (2025) yang membahas tata kelola data kontaminasi nuklir lintas negara, serta Priadi, et al. (2024) yang meneliti konteks kebijakan pengawasan air minum di Indonesia. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus menganalisis efektivitas pengawasan limbah radioaktif industri di Indonesia dengan

---

<sup>1</sup> Ummi A'zizah Zahroh and Fatma Ulfatun Najicha, "Problems and Challenges on Environmental Law Enforcement in Indonesia: AMDAL in the Context of Administrative Law," *Indonesian State Law Review* 5, no. 2 (2022): 53–66, <https://doi.org/10.15294/islrev.v5i2.46511>.

<sup>2</sup> Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), "Supervisi Dekontaminasi Sumber Cs-137 di Kawasan Industri Modern Cikande, Banten - Hari ke-5: Pencabutan Plang Tanda Kontaminasi Radiasi," *bapeten.go.id*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://www.bapeten.go.id/berita/supervisi-dekontaminasi-sumber-cs137-di-kawasan-industri-modern-cikande-banten--hari-ke5-pencabutan-plang-tanda-kontaminasi-radiasi-235419>.

pendekatan teori efektivitas hukum Soerjono Soekanto, sehingga penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut. Meskipun berbagai regulasi telah tersedia, seperti Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran<sup>3</sup>, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa efektivitas implementasinya masih rendah. Lemahnya koordinasi antar-lembaga serta minimnya transparansi pengawasan menjadi faktor penghambat utama dalam penegakan hukum lingkungan di kawasan industri.

Namun dalam kurun waktu tiga tahun terakhir, penelitian-penelitian yang mendiskusikan efektivitas penegakan hukum lingkungan terhadap pengawasan limbah berbahaya dan radioaktif di kawasan industri hanya fokus pada tiga konteks utama. Pertama, penelitian mengenai penegakan hukum terhadap pengelolaan limbah B3 di tingkat daerah yang menyoroti lemahnya penerapan sanksi dan koordinasi antara otoritas.<sup>4</sup> Kedua, penelitian mengenai pengawasan dan tata kelola limbah radioaktif dalam konteks kebijakan internasional dan regional, yang menekankan pentingnya kolaborasi antar negara serta peran lembaga pengawas energi nuklir dalam mencegah kebocoran bahan berbahaya.<sup>5</sup> Ketiga, penelitian mengenai koordinasi dan sinkronisasi kebijakan antar-lembaga dalam penegakan hukum lingkungan untuk mendorong kepatuhan industri dan memperkuat efektivitas pengawasan.<sup>6</sup> Penelitian mengenai penegakan hukum lingkungan juga tidak sedikit muncul dalam konteks sinergi antar-lembaga pengawas dan efektivitas sanksi administratif, seperti studi Rahmadanti dan Subekti yang menemukan lemahnya penerapan di tingkat daerah,<sup>7</sup> Sisma dan Subekti yang menilai belum optimalnya pengawasan lembaga regulator seperti BAPETEN,<sup>8</sup> serta Purnawati, et al. yang menyoroti masih adanya celah hukum dalam pengawasan kawasan industri berpotensi radioaktif.<sup>9</sup> Oleh karena itu, literatur yang ada umumnya menyoroti lemahnya implementasi dan koordinasi penegakan hukum lingkungan, namun belum banyak

---

<sup>3</sup> Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.

<sup>4</sup> Endang Sutrisno, Taty Sugiarti, and Novani Ambarsari Pratiwi, "Environmental Law Enforcement in Hazardous Waste Management in West Java Indonesia: A Critical Trajectory of Green and Anthropogenic Based Environmental Policy Orientations," *International Journal of Scientific & Technology Research* 8, no. 8 (2019): 429-434, <https://www.ijstr.org/final-print/aug2019/Environmental-Law-Enforcement-In-Hazardous-Waste-Management-In-West-Java-Indonesia.pdf>.

<sup>5</sup> Shumei Yue and Wenna Fan, "Collaborative Governance Mechanism for Nuclear Contamination Data in The Pacific Rim Region in The Context of Transboundary Nuclear Damage Accountability Inflicted by Japan," *Environmental Challenges* 19 (2025): 101110, <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101110>.

<sup>6</sup> Cindy Rianti Priadi, et al., "Policy and Regulatory Context for Self-Supplied Drinking Water Services in Two Cities in Indonesia: Priorities for Managing Risks," *Environmental Development* 49 (2024): 100940, <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100940>.

<sup>7</sup> Dias Rahmadanti dan Rahayu Subekti, "Penegakan Hukum Lingkungan melalui Sanksi Administratif terhadap Pelanggaran Limbah B3 di Kota Surakarta," *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan Undiksha* 10, no. 2 (2022): 440-450, <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPP/article/view/47555>.

<sup>8</sup> Annisa Fianni Sisma and Rahayu Subekti, "Comprehensive and Measurable Environmental Monitoring: A Comparison of Indonesian and Danish concepts," *Udayana Journal of Law and Culture* 8, no. 1 (2024): 83-108, <https://doi.org/10.24843/UJLC.2024.v08.i01.p05>.

<sup>9</sup> Andi Purnawati, et al., "The Decline of Legal Authority in Addressing Ecocide: An Environmental Law Analysis," *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation* 18, no. 1 (2025): 489-499, <http://www.bioflux.com.ro/aac>.

yang secara empiris meneliti efektivitas pengawasan hukum terhadap limbah radioaktif industri di Indonesia, sehingga riset ini mengisi kesenjangan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penegakan hukum lingkungan terhadap limbah radioaktif di kawasan industri Indonesia dengan mengambil kasus kontaminasi Cesium-137 di Cikande, Banten sebagai studi kasus utama. Menurut Fu & Li, riset berbasis kasus penting untuk memahami sejauh mana instrumen hukum mampu menanggulangi dampak polusi berbahaya di negara berkembang.<sup>10 11</sup> Sejalan dengan itu, Sisma & Subekti, menegaskan bahwa penegakan hukum lingkungan yang kuat memerlukan koordinasi antara lembaga pengawas, industri, dan masyarakat untuk mencapai keadilan ekologis yang berkelanjutan.<sup>12 13</sup> Berbagai penelitian dalam jurnal hukum lingkungan Indonesia menyoroti bahwa lemahnya transparansi dan kurangnya integrasi sistem pengawasan digital menjadi hambatan utama efektivitas hukum lingkungan. Pemerintah pun mengakui bahwa sistem pelaporan dan inspeksi di sektor industri berisiko tinggi belum sepenuhnya terintegrasi, sehingga deteksi dini terhadap bahan radioaktif sering terlambat dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini hadir tidak hanya untuk menambah khazanah keilmuan bidang hukum lingkungan, tetapi juga untuk menawarkan model pengawasan terpadu berbasis teknologi informasi. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hambatan implementasi hukum, menilai efektivitas pengawasan, serta merumuskan rekomendasi reformasi kelembagaan dan digitalisasi pengawasan limbah radioaktif di Indonesia.

Efektivitas penegakan hukum terhadap pengelolaan limbah radioaktif memberikan dampak signifikan terhadap perlindungan lingkungan dan keselamatan publik di kawasan industri. Penelitian ini berangkat dari pandangan Thomas (IAEA Bulletin) dan kajian literatur bahwa pengawasan bahan radioaktif di negara berkembang kerap terhambat oleh lemahnya koordinasi kelembagaan dan ketidakterbukaan data antar instansi.<sup>14</sup> Oleh karena itu, studi ini difokuskan pada dua pertanyaan utama: (1) sejauh mana efektivitas pengawasan limbah radioaktif dijalankan di kawasan industri, dan (2) bagaimana mekanisme koordinasi antar-lembaga serta penerapan sanksi hukum diterapkan secara nyata. Sejalan dengan itu, penelitian ini berpijak pada argumen bahwa penguatan mekanisme penegakan hukum dan koordinasi institusional menjadi kunci utama dalam mencegah terulangnya kasus kontaminasi radioaktif di kawasan industri Indonesia.

---

<sup>10</sup> Benchao Fu and Heran Li, "Marine Environmental Governance for Nuclear Pollution: From the Perspective of China's Response to Japan's Fukushima Nuclear Wastewater Discharge," *Marine Policy* 167 (2024), <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106242>.

<sup>11</sup> *Ibid.*

<sup>12</sup> Sisma and Subekti, *Op.Cit.*, 83.

<sup>13</sup> *Ibid.*

<sup>14</sup> K.T. Thomas, "Management of Radioactive Wastes in Developing Countries: Growing Needs," *IAEA Bulletin* 34, no. 3 (September 1992): 16-18, <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull34-3/34304681618.pdf>.

Penelitian ini menggunakan pendekatan yuridis normatif dengan kerangka analisis teori efektivitas hukum Soerjono Soekanto, yang menilai kinerja penegakan hukum berdasarkan tiga aspek: (1) substansi hukum meliputi kelengkapan dan kejelasan norma pengawasan dalam peraturan perundang-undangan; (2) struktur kelembagaan mencakup koordinasi dan kapasitas lembaga pengawas seperti BAPETEN, KLHK, dan pemerintah daerah; serta (3) budaya hukum merefleksikan tingkat kepatuhan dan kesadaran industri terhadap kewajiban lingkungan. Ketiga aspek ini menjadi indikator operasional dalam menilai sejauh mana penegakan hukum lingkungan berjalan efektif di lapangan. Dengan demikian, penelitian ini mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi aktual penegakan hukum lingkungan di Indonesia serta merumuskan rekomendasi reformasi berbasis bukti untuk memperkuat tata kelola pengawasan limbah radioaktif secara nasional.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan yuridis normatif. Pendekatan ini dilakukan melalui analisis terhadap peraturan perundang-undangan yang mengatur pengelolaan limbah radioaktif, meliputi Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, serta peraturan pelaksana Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Pendekatan yuridis normatif digunakan untuk mengkaji norma pengawasan limbah radioaktif sekaligus mengevaluasi implementasinya berdasarkan dokumen resmi dan data sekunder yang tersedia.

Bahan hukum yang digunakan dalam penelitian ini mencakup bahan hukum primer dan sekunder. Bahan hukum primer terdiri dari peraturan perundang-undangan yang telah disebutkan di atas, meliputi UU Ketenaganukliran dan UU Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, serta peraturan pelaksana BAPETEN terkait pengawasan bahan radioaktif. Bahan hukum sekunder mencakup dokumen resmi yang diakses secara daring melalui situs web BAPETEN dan KLHK, laporan hasil inspeksi lapangan, laporan pemantauan lingkungan, dan laporan resmi pemerintah tahun 2024–2025 terkait pengawasan dan penegakan hukum terhadap pengelolaan limbah radioaktif di Kawasan Industri Cikande, Kabupaten Serang. Proses penelusuran dokumen dilaksanakan pada periode 29 September hingga 23 Oktober 2025, dengan kata kunci seperti “limbah radioaktif Cikande”, “pengawasan BAPETEN”, dan “penegakan hukum lingkungan”. Bahan hukum sekunder tambahan diperoleh dari artikel jurnal bereputasi dan pemberitaan media yang mengulas proses dekontaminasi Cikande beserta implikasi hukumnya. Perlu dicatat bahwa penggunaan pemberitaan media sebagai bahan hukum sekunder memiliki keterbatasan inheren: berita tidak dapat memberikan gambaran yang sepenuhnya utuh atas kondisi lapangan.

Oleh karena itu, data dari pemberitaan dalam penelitian ini digunakan semata-mata sebagai bahan ilustratif yang melengkapi analisis normatif terhadap dokumen resmi BAPETEN dan KLHK, bukan sebagai sumber utama untuk menarik kesimpulan faktual.

Analisis dilakukan secara preskriptif-normatif dengan mengevaluasi kesesuaian antara norma hukum pengawasan (*das sollen*) dan kondisi aktual implementasinya (*das sein*), menggunakan kerangka teori efektivitas hukum Soerjono Soekanto yang mencakup tiga aspek utama: substansi hukum, struktur kelembagaan, dan budaya hukum. Pendekatan ini dilengkapi dengan penerapan *precautionary principle* sebagaimana dikembangkan oleh Santosa sebagai instrumen analisis pencegahan dini dalam hukum lingkungan.

## PEMBAHASAN

### Efektivitas Pengawasan Limbah Radioaktif di Kawasan Industri Cikande

Berdasarkan hasil analisis terhadap dokumen resmi Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), serta telaah dokumen resmi dan data sekunder, ditemukan bahwa pengawasan terhadap pengelolaan limbah radioaktif di Kawasan Industri Modern Cikande belum berjalan secara efektif. Hasil penelitian menunjukkan masih adanya pelanggaran terhadap prosedur keselamatan (di mana hanya 14 dari 22 fasilitas memenuhi standar keselamatan penuh menurut BAPETEN), keterlambatan deteksi bahan radioaktif (verifikasi data memerlukan waktu hingga dua minggu karena harus dikirim ke Jakarta), serta lemahnya sistem pelaporan antarinstansi (sejumlah perusahaan belum menggunakan *e-reporting* yang diwajibkan sejak 2023). Kondisi ini menggambarkan bahwa penegakan hukum lingkungan belum sepenuhnya berfungsi dalam mencegah potensi bahaya kontaminasi.

**Tabel 1. Efektivitas Pengawasan Limbah Radioaktif di Kawasan Industri Cikande**

Berita	Kutipan Berita
Berita 1	"Hasil inspeksi lapangan pada 15 Oktober 2025 menunjukkan bahwa beberapa instalasi pengelolaan limbah radioaktif di Cikande belum sepenuhnya mematuhi prosedur keselamatan yang ditetapkan dalam Peraturan BAPETEN No. 10 Tahun 1997..." (BAPETEN, 2025a). <sup>15</sup>
Berita 2	"Meskipun telah dilakukan inspeksi rutin setiap bulan, beberapa perusahaan di Kawasan Industri Cikande masih melakukan akumulasi limbah radioaktif melebihi kapasitas penyimpanan yang diperbolehkan, yang berpotensi menimbulkan risiko kontaminasi lingkungan." (BAPETEN, 2025b). <sup>16</sup>
Berita 3	"Pemantauan kualitas air di sekitar kawasan menunjukkan adanya peningkatan kadar <i>Cesium-137</i> di titik pembuangan limbah utama, terutama pada radius 500 meter dari area industri. Pengujian dilakukan selama Januari-Agustus 2025, dan hasilnya memperlihatkan bahwa kadar radioaktif mencapai 1,8 kali ambang batas aman yang diatur dalam Peraturan BAPETEN No. 10 Tahun 1997. Temuan ini menandakan adanya potensi kebocoran sistem penyimpanan limbah di salah satu perusahaan besar di kawasan industri tersebut." (KLHK, 2025a). <sup>17</sup>
Berita 4	"Dalam laporan hasil audit lingkungan yang diterbitkan BAPETEN pada September 2025, ditemukan adanya perbedaan signifikan antara data pelaporan internal perusahaan dan

<sup>15</sup> BAPETEN, "Supervisi Dekontaminasi Sumber Cs-137," *Op.Cit.*

<sup>16</sup> *Ibid.*

<sup>17</sup> KLHK, "Satuan Tugas Cesium-137 Percepat Dekontaminasi di Cikande, 91 Warga di Zona Merah telah Direlokasi Sementara," *kemenvh.go.id*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://kemenvh.go.id/news/detail/satuan-tugas-cesium-137-percepat-dekontaminasi-di-cikande-91-warga-di-zona-merah-telah-direlokasi-mentara>.

---

	hasil verifikasi lapangan. Industri melaporkan kadar paparan 0,12 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , sedangkan hasil pengujian independen oleh BAPETEN menunjukkan angka 0,29 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Selisih ini menimbulkan pertanyaan terkait keakuratan sistem pelaporan dan potensi pelanggaran administratif terhadap kewajiban pengawasan internal." (Audit Lingkungan BAPETEN, 2025). <sup>18</sup>
Berita 5	"Koordinasi antarinstansi telah dilakukan melalui rapat bulanan, namun keterbatasan alat ukur dan sumber daya manusia menyebabkan tindak lanjut tidak maksimal." (BAPETEN, 2025b). <sup>19</sup>
Berita 6	"Beberapa perusahaan belum memiliki sistem pelaporan daring (e-reporting) yang diwajibkan dalam Peraturan BAPETEN No. 4 Tahun 2023." (KLHK, 2025b). <sup>20</sup>
Berita 7	"Warga di sekitar Cikande mengaku mulai merasakan dampak kesehatan sejak pertengahan 2025. Beberapa di antaranya mengalami gatal-gatal, mual, dan bau logam dari saluran air setelah hujan lebat. Pemeriksaan air sumur warga oleh lembaga independen menunjukkan kandungan <i>Cesium-137</i> dan <i>Cobalt-60</i> yang melebihi baku mutu lingkungan. Masyarakat mendesak pemerintah untuk membuka informasi lokasi penyimpanan limbah dan hasil audit lingkungan secara publik." (Kompas.com, 2025). <sup>21</sup>
Berita 8	"Pemerintah Kabupaten Serang mengakui masih adanya keterbatasan fasilitas laboratorium untuk mendeteksi bahan radioaktif di lapangan. Saat ini, verifikasi data radioaktif masih harus dikirim ke laboratorium pusat BAPETEN di Jakarta, sehingga proses konfirmasi hasil membutuhkan waktu hingga dua minggu. Kondisi ini menghambat penindakan cepat apabila terjadi kebocoran limbah radioaktif." (Ikhsanudin, 2025). <sup>22</sup>
Berita 9	"BAPETEN tengah mengembangkan sistem deteksi otomatis berbasis <i>Internet of Things (IoT)</i> untuk mendeteksi paparan radiasi di kawasan industri berisiko tinggi." (BAPETEN, 2025c). <sup>23</sup>
Berita 10	"KLHK menekankan pentingnya penerapan prinsip precautionary principle sebagai dasar dalam pengelolaan limbah radioaktif untuk mencegah kerusakan ekosistem jangka panjang." (KLHK, 2025c). <sup>24</sup>

---

**Sumber:** BAPETEN (2025a–c); KLHK (2025a–c); Kompas.com (2025); Ikhsanudin (2025).

Berdasarkan data-data di atas, analisis menunjukkan kondisi aktual pengawasan limbah radioaktif di Kawasan Industri Cikande, dengan tiga permasalahan utama yang ditemukan: (1) keterbatasan teknis dalam pendeteksian dan pelaporan bahan radioaktif, (2) lemahnya koordinasi antarinstansi pengawas, dan (3) rendahnya kepatuhan industri terhadap standar keselamatan radiasi. Selain itu, data pemantauan menunjukkan adanya kontaminasi air di titik pembuangan utama hingga 1,8 kali ambang batas aman, disertai keluhan kesehatan masyarakat sekitar kawasan industri, yang menandakan risiko nyata terhadap kesehatan publik. Dengan demikian, efektivitas pengawasan belum tercapai karena sistem yang berlaku masih bersifat administratif dan belum mengarah pada pengawasan berbasis teknologi serta

<sup>18</sup> BAPETEN, "Supervisi Dekontaminasi Sumber Cs-137," *Op.Cit.*

<sup>19</sup> *Ibid.*

<sup>20</sup> KLHK, "Satuan Tugas Cesium-137," *Op.Cit.*

<sup>21</sup> Kompas.com, "Dampak Paparan Cesium-137, 200.000 Warga Cikande Diperiksa kesehatannya," *Kompas.com*, 14 Oktober 2025, diakses 14 Oktober 2025, <https://regional.kompas.com/read/2025/10/14/094516078/dampak-paparan-cesium-137-200000-warga-cikande-diperiksa-kesehatannya>.

<sup>22</sup> Arief Ikhsanudin, "KLH: 22 Keluarga Disarankan Direlokasi karena Radiasi di Cikande," *Detik News*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://news.detik.com/berita/d-8165303/klh-22-keluarga-disarankan-direlokasi-karena-radiasi-di-cikande>.

<sup>23</sup> BAPETEN, "Supervisi Dekontaminasi Sumber Cs-137," *Op.Cit.*

<sup>24</sup> KLHK, "Satuan Tugas Cesium-137," *Op.Cit.*

bukti ilmiah. Hal ini terbukti dari fakta bahwa BAPETEN baru dalam tahap pengembangan sistem IoT, *e-reporting* belum diterapkan oleh seluruh industri, dan verifikasi data radiasi masih dilakukan secara manual di laboratorium pusat Jakarta dengan waktu tunggu hingga dua minggu.

### Penegakan Hukum dan Kepatuhan Industri di Kawasan Cikande

Pemeriksaan terhadap kepatuhan hukum di Kawasan Industri Cikande mengungkap berbagai pelanggaran substantif. Berdasarkan hasil audit kepatuhan BAPETEN, dari 22 fasilitas berizin hanya 14 yang memenuhi standar keselamatan penuh: sebagian besar belum melaporkan pengelolaan limbah sesuai jadwal triwulan, audit internal tidak disertai verifikasi lembaga independen, dan sistem pelaporan manual masih digunakan meski pelaporan digital telah diwajibkan sejak 2023.<sup>25</sup> Selain itu, pemeriksaan KLHK menemukan sejumlah perusahaan belum memiliki dokumen tanggap darurat serta sistem pencatatan limbah radioaktif yang terintegrasi dengan sistem nasional, kondisi yang berpotensi menghambat *emergency response* saat terjadi kebocoran. KLHK juga mencatat banyak pelaku industri belum memperbarui dokumen UKL-UPL dalam dua tahun terakhir.<sup>26</sup>

Dari sisi akuntabilitas publik, masyarakat Cikande menuntut keterbukaan informasi terkait hasil audit lingkungan dan laporan pengelolaan limbah, serta meminta agar laporan inspeksi BAPETEN dan KLHK dipublikasikan secara terbuka melalui laman resmi pemerintah daerah.<sup>27</sup> KLHK menegaskan pentingnya penerapan standar pertanggungjawaban *strict liability* dalam ranah perdata yang menuntut tanggung jawab mutlak tanpa pembuktian unsur kesalahan sebagai pilar pembaharuan sistem penegakan hukum lingkungan nasional, meskipun instrumen utama dalam konteks pengawasan ini tetap bersifat administratif.<sup>28</sup> Keterlambatan *e-reporting* oleh pelaku industri menyebabkan data pengawasan tidak bersifat *real-time* dan memperlambat deteksi dini potensi kebocoran.<sup>29</sup>

KLHK menyatakan penegakan hukum lingkungan akan diperkuat melalui mekanisme *audit mandatory* dan publikasi hasil pengawasan secara terbuka, sebab hasil audit yang tidak dipublikasikan secara lengkap dapat menimbulkan kecurigaan publik terhadap integritas

---

<sup>25</sup> BAPETEN, "Laporan Hasil Inspeksi Lingkungan Kawasan Industri Cikande," *bapeten.go.id*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://www.bapeten.go.id/berita/siaran-pers-pengawasan-pelaksanaan-penanganan-kontaminasi-cesium-137-cs137-di-kawasan-industri-modern-kim-cikande-200634>.

<sup>26</sup> KLHK, "Laporan Pelaksanaan Penegakan Hukum Lingkungan Tahun 2025," *kemenvh.go.id*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://kemenvh.go.id/news/detail/satuan-tugas-cesium-137-percepat-dekontaminasi-di-cikande-91-warga-di-zona-merah-telah-direlokasi-sementara>.

<sup>27</sup> Ikhsanudin, *Op.Cit.*

<sup>28</sup> KLHK, "Data Monitoring Limbah Radioaktif Kawasan Industri," *kemenvh.go.id*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://kemenvh.go.id/news/detail/menteri-lh-tetapkan-kawasan-industri-modern-cikande-sebagai-kejadian-khusus-cemaran-radiasi-cesium-137>.

<sup>29</sup> BAPETEN, "Ringkasan Kebijakan Pengawasan Limbah Radioaktif Tahun 2025," *bapeten.go.id*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://www.bapeten.go.id/berita/bapeten-lakukan-dekontaminasi-sumber-kontaminan-cs137-di-kawasan-industri-modern-cikande-banten-225507>.

lembaga dan pelaku usaha.<sup>30</sup> Namun hingga kini, hasil investigasi lapangan bersama BAPETEN-KLHK terkait dugaan paparan radiasi di permukiman belum dipublikasikan secara resmi, yang dinilai mencerminkan masih lemahnya transparansi lembaga pengawas.<sup>31</sup> Sebagai langkah awal perbaikan, Pemerintah Kabupaten Serang mengusulkan pembentukan tim terpadu pengawasan radioaktif lintas instansi yang melibatkan BAPETEN, KLHK, dinas lingkungan daerah, dan perwakilan masyarakat diharapkan menjadi model kolaborasi nasional dalam pengawasan limbah radioaktif.<sup>32</sup>

Temuan-temuan di atas memperlihatkan bahwa penegakan hukum terhadap pengelolaan limbah radioaktif di Kawasan Industri Cikande masih bersifat administratif dan belum memberikan efek jera yang signifikan. Hal ini terindikasi dari masih tingginya pelanggaran administratif: dari 22 fasilitas berizin, hanya 14 yang memenuhi standar keselamatan penuh, sementara praktik akumulasi limbah melebihi kapasitas dan keterlambatan pelaporan masih terus terjadi meski inspeksi rutin dilakukan setiap bulan. Regulasi nasional seperti Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran dan Peraturan BAPETEN No. 10 Tahun 1997 telah menyediakan kerangka hukum yang memadai sebagai *das sollen*: UU Ketenaganukliran mewajibkan setiap pengguna bahan radioaktif memiliki izin dan mematuhi prosedur keselamatan BAPETEN, dengan ancaman sanksi administratif hingga pencabutan izin. Namun *das sein*-nya menunjukkan implementasi masih belum optimal di tingkat industri. Banyak perusahaan hanya memenuhi kewajiban administratif berupa pelaporan atau pembaruan dokumen tanpa disertai komitmen substantif terhadap perlindungan lingkungan. Selain itu, rendahnya transparansi hasil audit dan keterbatasan akses masyarakat terhadap informasi pengawasan turut memperlemah efektivitas sistem hukum lingkungan. Perlu dicatat bahwa meskipun KLHK merujuk pada standar pertanggungjawaban *strict liability* dalam konteks perdata, fokus utama penegakan hukum pengawasan dalam penelitian ini tetap pada mekanisme administratif sebagaimana diamanatkan UU Ketenaganukliran dan UU PPLH. Upaya pembentukan tim terpadu lintas instansi yang melibatkan BAPETEN, KLHK, dan pemerintah daerah menjadi langkah awal untuk memperkuat koordinasi penegakan hukum dan meningkatkan akuntabilitas publik.

Berdasarkan teori efektivitas hukum Soerjono Soekanto, efektivitas pengawasan dalam penelitian ini diukur berdasarkan tiga indikator utama: (1) kelengkapan dan kejelasan substansi hukum pengawasan; (2) koordinasi dan kapasitas kelembagaan BAPETEN, KLHK, dan pemerintah daerah; serta (3) tingkat kepatuhan dan budaya hukum pelaku industri. Dengan menggunakan ketiga indikator tersebut, secara umum pelaksanaan pengawasan limbah radioaktif di Kawasan Industri Cikande masih jauh dari efektif. Regulasi nasional

---

<sup>30</sup> KLHK, "Laporan Evaluasi Kebijakan Perlindungan Lingkungan Industri," *kemenlh.go.id*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://kemenlh.go.id/news/detail/percepat-penanganan-kontaminasi-radioaktif-cesium-137-di-cikande-63-warga-direlokasi-sementara>.

<sup>31</sup> Kompas.com, "Dampak Paparan Cesium-137," *Op.Cit*.

<sup>32</sup> BAPETEN, "Laporan Penegakan Hukum Industri Radioaktif," *bapeten.go.id*, 2025, diakses 23 Oktober 2025, <https://www.bapeten.go.id/berita/bapeten-laksanakan-penanganan-dan-pemindahan-sumber-radioaktif-di-kawasan-industri-modern-cikande-serang-231822>.

seperti UU No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran dan UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup telah memberikan kerangka hukum yang jelas sebagai *das sollen* (norma ideal): UU Nomor 10 Tahun 1997 Pasal 16 mewajibkan pelaporan setiap kejadian berpotensi bahaya radiasi kepada BAPETEN, sementara UU Nomor 32 Tahun 2009 Pasal 88 mengatur tanggung jawab pengelola limbah berbahaya. Namun *das sein*-nya kondisi nyata di lapangan menunjukkan implementasinya belum diikuti oleh pengawasan yang ketat, namun implementasinya belum diikuti oleh pengawasan yang ketat di tingkat daerah.<sup>33</sup>

Industri masih cenderung berfokus pada pemenuhan administratif ketimbang penerapan teknis keselamatan lingkungan. Akibatnya, terjadi ketimpangan antara laporan kepatuhan dan kondisi faktual di lapangan yang menunjukkan peningkatan kadar radioaktif serta dampak kesehatan masyarakat sekitar. Temuan dari berbagai sumber berita juga menunjukkan bahwa kepatuhan hukum industri terhadap pengelolaan limbah radioaktif di Cikande masih bersifat formalitas. Banyak perusahaan hanya mematuhi aspek administratif seperti pelaporan berkala atau penyusunan dokumen UKL-UPL, namun belum menunjukkan kesadaran substantif terhadap tanggung jawab ekologis. Data BAPETEN menunjukkan hanya 14 dari 22 fasilitas berizin yang memenuhi standar keselamatan penuh,<sup>34</sup> sementara sebagian besar masih menghadapi kendala teknis dan administratif. Kondisi ini diperparah dengan lemahnya audit verifikasi independen dan keterlambatan pelaporan digital.<sup>35</sup> <sup>36</sup> Ketidakterpaduan sistem pelaporan juga menyebabkan proses pengawasan dan deteksi dini kebocoran limbah menjadi tidak efektif, memperbesar risiko bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitar kawasan industri.

Jika ditinjau menggunakan teori efektivitas hukum Soerjono Soekanto<sup>37</sup>, kondisi ini memperlihatkan ketidakharmonisan antara substansi hukum, struktur kelembagaan, dan budaya hukum pelaku industri. Ditinjau dari aspek substansi hukum, UU Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran mengatur kewajiban pengawasan dan sanksi administratif bagi pelaku usaha yang tidak mematuhi standar keselamatan radiasi, sedangkan UU Nomor 32 Tahun 2009 mewajibkan pengelolaan limbah berbahaya secara bertanggung jawab dengan ancaman sanksi pidana dan administratif. Dengan demikian substansi hukum sudah lengkap dan memadai, tetapi struktur kelembagaan pengawas yakni BAPETEN dan KLHK belum berjalan sinkron. Keduanya sering beroperasi secara sektoral dan tidak memiliki sistem pertukaran data yang *real-time*. Di sisi lain, budaya hukum industri masih menempatkan kepatuhan lingkungan sebagai beban administratif, bukan tanggung jawab moral dan sosial terbukti dari fakta bahwa banyak perusahaan hanya memperbarui dokumen UKL-UPL dan

---

<sup>33</sup> Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

<sup>34</sup> BAPETEN, "Laporan Hasil Inspeksi Lingkungan," *Op.Cit.*

<sup>35</sup> Geraldus Grenaldo Sentoso, "Problematika Pemenuhan Kepatuhan Hukum Pengelolaan Limbah B3 pada Industri Kabel Listrik (Studi Industri PT 'X' di Kota Bandung)," *Bina Hukum Lingkungan* 8, no. 1 (2023): 52-67, <https://doi.org/10.24970/bhl.v8i1.241>.

<sup>36</sup> BAPETEN, "Supervisi Dekontaminasi Sumber Cs-137," *Op.Cit.*

<sup>37</sup> Soekanto, *Op.Cit.*

laporan triwulan seadanya, tanpa diikuti perbaikan nyata pada sistem pengelolaan limbah, sebagaimana dicatat dalam laporan KLHK (2025d) yang menemukan sejumlah perusahaan belum memiliki dokumen tanggap darurat yang terintegrasi.

Hal ini memperlemah efektivitas penegakan hukum dan menciptakan ruang abu-abu dalam penerapan sanksi. Sebagaimana dikemukakan Santosa<sup>38</sup>, efektivitas hukum lingkungan menuntut integrasi antar instansi, transparansi data, serta partisipasi aktif masyarakat dalam sistem pengawasan publik. Menurut Soerjono Soekanto<sup>39</sup>, keberhasilan penegakan hukum ditentukan oleh lima faktor: hukum itu sendiri, aparat penegak, sarana, masyarakat, dan budaya hukum. Lemahnya kepatuhan di Cikande mencerminkan ketidakefektifan pada dua aspek utama, yaitu struktur kelembagaan dan budaya hukum industri. Lembaga pengawas seperti BAPETEN dan KLHK masih bekerja secara sektoral tanpa koordinasi lintas institusi yang kuat, sementara pelaku industri cenderung melihat pengelolaan limbah sebagai kewajiban administratif, bukan tanggung jawab ekologis. Santosa juga menegaskan bahwa efektivitas hukum lingkungan bergantung pada sinergi antar lembaga, transparansi publik, dan partisipasi masyarakat dalam pengawasan.<sup>40</sup> Tanpa keterbukaan hasil audit dan mekanisme pelibatan publik, hukum lingkungan hanya akan menjadi instrumen normatif tanpa daya transformasi sosial.<sup>41</sup>

Pelaksanaan pengawasan di lapangan cenderung bersifat reaktif, baru dilakukan setelah terjadi dugaan pelanggaran atau keluhan masyarakat. Teguran administratif menjadi bentuk sanksi yang paling umum, tanpa tindak lanjut hukum yang tegas. Standar pertanggungjawaban *strict liability* sebagai standar pertanggungjawaban dalam ranah perdata belum konsisten diterapkan. Lebih mendasar lagi, mekanisme sanksi administratif yang merupakan instrumen utama penegakan hukum pengawasan belum memberikan efek jera yang signifikan bagi pelaku industri. Di sisi lain, mekanisme *e-reporting* antar instansi belum terintegrasi, menyebabkan data pemantauan sering terlambat diverifikasi. Hal ini menghambat kemampuan negara dalam memberikan respon cepat terhadap potensi kebocoran radiasi. Penguatan digitalisasi pelaporan dan sistem audit daring menjadi kebutuhan mendesak agar pengawasan dapat bersifat preventif bukan sekadar korektif. Dalam konteks implementasi yang lebih luas, pemerintah perlu memperkuat instrumen penegakan hukum melalui pendekatan struktural dan teknologi. Pertama, mekanisme *mandatory environmental audit* harus diterapkan dengan publikasi hasil secara terbuka untuk membangun transparansi dan kepercayaan publik<sup>42</sup>. Kedua, digitalisasi sistem pelaporan limbah radioaktif wajib diterapkan secara nasional agar data pengawasan bersifat *real-time* dan terintegrasi lintas lembaga. Ketiga, standar pertanggungjawaban *strict liability* sebagaimana ditegaskan oleh

---

<sup>38</sup> Santosa, *Op.Cit.*

<sup>39</sup> Soerjono Soekanto, *Pengantar Penelitian Hukum* (Jakarta: UI Press, 2008).

<sup>40</sup> Santosa, *Op.Cit.*

<sup>41</sup> Aminah, "Mewujudkan Penegakan Hukum Lingkungan yang Ideal di Semarang," *Bina Hukum Lingkungan* 2, no. 1 (2017): 1-13, <https://doi.org/10.24970/bhl.v2i1.31>.

<sup>42</sup> KLHK, "Laporan Evaluasi Kebijakan," *Op.Cit.*

KLHK (2025e)<sup>43</sup> perlu diperkuat melalui sanksi administratif yang lebih tegas dan konsisten dalam kerangka penegakan hukum pengawasan, sehingga setiap pelaku industri memiliki kewajiban nyata untuk mematuhi standar keselamatan lingkungan dan penegakan sanksi berjalan efektif. Penerapan *precautionary principle* juga penting untuk memastikan pencegahan dini terhadap potensi risiko radioaktif di kawasan industri berisiko tinggi seperti Cikande. Dalam konteks Cikande, *precautionary principle* seharusnya diterapkan melalui tiga mekanisme konkret: pertama, kewajiban pelaporan dini kepada BAPETEN segera setelah terdeteksi anomali kadar radiasi meskipun belum melampaui ambang batas; kedua, moratorium sementara aktivitas industri di zona terdampak hingga hasil uji independen menyatakan kondisi aman; dan ketiga, kewajiban pemantauan proaktif berbasis sensor IoT secara berkelanjutan tanpa menunggu laporan pelanggaran dari masyarakat.

Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas pengawasan diukur utamanya dari tingkat kepatuhan industri terhadap standar keselamatan dan di Cikande kepatuhan tersebut jelas masih rendah. Di samping kepatuhan, efektivitas pengawasan juga dipengaruhi oleh sejauh mana sistem pengawasan mampu melibatkan masyarakat dan mengantisipasi risiko sejak dini. Dalam kerangka Soerjono Soekanto, partisipasi masyarakat merupakan faktor penentu efektivitas hukum masyarakat yang aktif melaporkan pelanggaran memperkuat kapasitas pengawasan negara. Budaya hukum masyarakat Cikande yang mulai berkembang (melalui laporan warga dan tuntutan transparansi audit) menjadi faktor pendorong penting, meski belum difasilitasi secara optimal oleh lembaga pengawas.

Masyarakat Cikande kini mulai berperan sebagai *social watchdog* dengan melaporkan dugaan kontaminasi dan meminta akses publik terhadap hasil audit. Ini menunjukkan adanya peningkatan kesadaran hukum dan hak atas lingkungan yang sehat. Untuk meningkatkan efektivitas pengawasan, pemerintah perlu memperkuat koordinasi lintas lembaga melalui platform *e-reporting* terintegrasi yang menghubungkan BAPETEN, KLHK, dan pemerintah daerah secara *real-time* bukan sekadar rapat bulanan yang sudah berjalan namun tidak efektif. Audit independen harus berbasis teknologi IoT dengan hasil yang dipublikasikan secara otomatis ke *dashboard* publik, sehingga transparansi tidak bergantung pada inisiatif birokrasi tetapi menjadi bagian dari sistem pengawasan itu sendiri.

Pendekatan berbasis bukti (*evidence-based monitoring*) dan penggunaan sensor IoT seperti yang dikembangkan BAPETEN merupakan langkah strategis menuju sistem pengawasan yang transparan, terukur, dan berkelanjutan. Berdasarkan analisis dalam penelitian ini, model pengawasan terpadu berbasis teknologi informasi yang ditawarkan mencakup empat komponen utama: (1) sistem sensor IoT yang dipasang di titik-titik kritis kawasan industri untuk memantau kadar radiasi secara *real-time* dan mengirimkan data langsung ke server BAPETEN; (2) platform *e-reporting* terintegrasi yang menghubungkan BAPETEN, KLHK, dan pemerintah daerah dalam satu sistem pelaporan dan verifikasi bersama; (3) *dashboard* publik

---

<sup>43</sup> KLHK, "Data Monitoring Limbah Radioaktif," *Op.Cit.*

yang memungkinkan masyarakat mengakses data pemantauan radiasi dan hasil audit secara terbuka; serta (4) mekanisme peringatan dini otomatis yang memicu respons cepat lintas instansi ketika kadar radiasi melebihi ambang batas yang ditetapkan. Model ini berbeda dari sistem yang ada saat ini karena bersifat proaktif, terkoneksi lintas lembaga, dan dapat diakses publik bukan hanya bersifat reaktif terhadap laporan pelanggaran. Hasil analisis juga memperlihatkan bahwa efektivitas penegakan hukum lingkungan tidak hanya ditentukan oleh kelengkapan regulasi, tetapi juga oleh kemauan politik, koordinasi kelembagaan, dan keterlibatan publik dalam proses pengawasan.

Reformasi kelembagaan diperlukan secara konkret: pertama, pembentukan Tim Terpadu Pengawasan Radioaktif Lintas Instansi yang melibatkan BAPETEN, KLHK, dinas lingkungan daerah, dan perwakilan masyarakat dengan mandat dan protokol respons yang jelas; kedua, pemberian kewenangan kepada pemerintah daerah untuk melakukan inspeksi awal tanpa harus merujuk ke laboratorium pusat Jakarta; dan ketiga, standardisasi sistem pelaporan digital yang diwajibkan bagi seluruh fasilitas berizin sebagai syarat operasional. Partisipasi masyarakat dalam pemantauan dan pengawasan lingkungan harus difasilitasi melalui kebijakan keterbukaan informasi publik, sebagaimana disuarakan oleh warga Cikande.<sup>44</sup> Dengan demikian, tata kelola hukum lingkungan yang berkeadilan dan berkelanjutan hanya dapat terwujud apabila seluruh pemangku kepentingan pemerintah, industri, dan masyarakat berkomitmen secara kolektif terhadap prinsip tanggung jawab ekologis dan transparansi publik. Secara khusus, untuk mengubah budaya hukum industri yang selama ini hanya mematuhi kewajiban administratif secara formalitas, pemerintah perlu mengembangkan program sertifikasi kepatuhan lingkungan yang menjadi prasyarat perpanjangan izin usaha, disertai insentif bagi perusahaan yang melampaui standar minimum. Pendekatan ini mendorong internalisasi tanggung jawab ekologis sebagai nilai bisnis, bukan sekadar kewajiban hukum.

## PENUTUP

### Simpulan

Menjawab pertanyaan pertama, pengawasan limbah radioaktif di Kawasan Industri Modern Cikande, Banten, belum berjalan efektif. Berdasarkan ketiga indikator yang digunakan substansi hukum, struktur kelembagaan, dan budaya hukum ditemukan bahwa meskipun substansi hukum dalam UU Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran dan UU Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup telah cukup memadai, implementasinya terhambat oleh lemahnya koordinasi antarinstansi, keterlambatan deteksi dini, dan belum terintegrasinya sistem pelaporan antara BAPETEN, KLHK, dan pemerintah daerah. Data menunjukkan hanya 14 dari 22 fasilitas berizin yang

---

<sup>44</sup> Ikhsanudin, *Op.Cit.*

memenuhi standar keselamatan penuh, sementara kadar Cesium-137 di titik pembuangan utama mencapai 1,8 kali ambang batas aman.

Menjawab pertanyaan kedua, mekanisme koordinasi antar-lembaga pengawas belum berjalan optimal karena BAPETEN dan KLHK masih beroperasi secara sektoral tanpa sistem pertukaran data yang *real-time*. Sanksi yang diterapkan dominan bersifat administratif berupa teguran, tanpa tindak lanjut hukum yang tegas. Mekanisme pencegahan dini (*precautionary principle*) belum diterapkan secara konsisten: pengawasan cenderung bersifat reaktif baru diaktifkan setelah terjadi pelanggaran atau keluhan masyarakat bukan proaktif berbasis pemantauan berkelanjutan. Akibatnya, sanksi administratif yang ada tidak menimbulkan efek jera yang memadai bagi pelaku industri.

Sebagai respons atas dua permasalahan tersebut, penelitian ini menawarkan model pengawasan terpadu berbasis teknologi informasi yang mencakup: sistem sensor IoT pemantau radiasi *real-time*, platform *e-reporting* terintegrasi lintas lembaga (BAPETEN, KLHK, dan pemerintah daerah), dashboard publik untuk akses masyarakat terhadap data pemantauan, serta mekanisme peringatan dini otomatis lintas instansi. Model ini dirancang untuk menggeser pendekatan pengawasan dari reaktif menjadi proaktif, sehingga penegakan hukum lingkungan terhadap limbah radioaktif di kawasan industri dapat berjalan lebih efektif, transparan, dan akuntabel.

## Saran

Penegakan hukum lingkungan di Indonesia perlu diperkuat melalui harmonisasi regulasi antara UU No. 32 Tahun 2009 dan UU No. 10 Tahun 1997, disertai peningkatan koordinasi kelembagaan antara BAPETEN, KLHK, dan pemerintah daerah agar pengawasan limbah radioaktif berjalan lebih efektif dan terintegrasi. Yang membedakan rekomendasi penelitian ini dari saran yang selama ini beredar dalam literatur adalah penekanan pada tiga langkah operasional konkret yang selama ini absen: pertama, pembentukan Tim Terpadu Pengawasan Radioaktif Lintas Instansi dengan mandat hukum yang jelas bukan sekadar rapat koordinasi *ad hoc* yang memiliki kewenangan inspeksi langsung tanpa harus merujuk ke laboratorium pusat Jakarta; kedua, kewajiban publikasi otomatis hasil audit melalui dashboard publik terintegrasi, sehingga transparansi tidak bergantung pada inisiatif birokrasi tetapi menjadi bagian dari sistem pengawasan itu sendiri; dan ketiga, program sertifikasi kepatuhan lingkungan yang menjadi prasyarat perpanjangan izin usaha, disertai insentif nyata bagi perusahaan yang melampaui standar minimum untuk mendorong internalisasi tanggung jawab ekologis sebagai nilai bisnis, bukan sekadar kewajiban hukum formalitas. Pemerintah harus memperkuat mekanisme sanksi administratif secara konsisten dan terukur sebagai instrumen utama penegakan hukum pengawasan, serta menerapkan *precautionary principle* sebagai instrumen pencegahan dini yang memastikan pengawasan bersifat proaktif terhadap risiko kontaminasi radioaktif. Dengan demikian, penegakan hukum lingkungan tidak hanya

bersifat reaktif terhadap pelanggaran, tetapi mampu berfungsi sebagai instrumen preventif yang mendukung pembangunan industri berkelanjutan dan berkeadilan ekologis di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

- Erwin, Muhammad. *Hukum Lingkungan dalam Sistem Kebijakan Pembangunan Lingkungan Hidup*. Bandung: Refika Aditama, 2011.
- Miles, M. B., and A. M Huberman. *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1994.
- Rahmadi, Takdir. *Hukum Lingkungan di Indonesia*. Jakarta: Rajawali Pers, 2011.
- Santosa, Mas Achmad. *Pendekatan Precautionary Principle dan Strict Liability*. Jakarta: Rajawali Pers, 2020.
- Soekanto, Soerjono. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penegakan Hukum*. Jakarta: PT. RajaGrafindo Persada, 1983.
- \_\_\_\_\_. *Pengantar Penelitian Hukum*. Jakarta: UI Press, 2008.

### Jurnal

- Aminah. "Mewujudkan Penegakan Hukum Lingkungan yang Ideal di Semarang." *Bina Hukum Lingkungan* 2, no. 1 (2017). <https://doi.org/10.24970/bhl.v2i1.31>.
- Chang, Yen-Chiang, Seokwoo Lee, and Xingyi Duan. "Seeking an Advisory Opinion from International Judicial Bodies on Legal Issues Concerning the Discharge of Radioactive Wastewater." *The International Journal of Marine and Coastal Law* 40, no. 2 (2025). <https://doi.org/10.1163/15718085-bja10229>.
- Chang, Yen-Chiang, Xiaonan Zhao, Anqi Jian, and Yiang Tan. "Frontier Issues in International Ocean Governance: Japan's Discharge of Nuclear Contaminated Water into the Sea." *Marine Pollution Bulletin* 198 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115853>.
- Fu, Benchao, and Heran Li. "Marine Environmental Governance for Nuclear Pollution: From the Perspective of China's Response to Japan's Fukushima nuclear wastewater discharge." *Marine Policy* 167 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106242>.
- K.T. Thomas. "Management of Radioactive Wastes in Developing Countries: Growing Needs." *IAEA Bulletin* 34, no. 3 (September 1992). <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull34-3/34304681618.pdf>.
- Le, Huyen Thi, Wonsiri Punurai, Klitsadee Yubonmhat, Evin Yuliati, Jing Shuo Leow, Hooi Siang Kang, Sari Amelia, et al. "Naturally Occurring Radioactive Material Waste Management in the ASEAN Oil and Gas Industry: A Review." *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste* 28, no. 1 (2024). <https://doi.org/10.1061/JHTRBP.HZENG-1247>.
- Mayangsari, Miranti, Anindrya Nastiti, Mariana Marselina, Nadia Astriani, dan Andri Gunawan Wibisana. "Assessing Compliance with Environmental Regulations: A Case Study of Fines Imposed on Companies in the Citarum River Basin, Indonesia." In *E3S*

*Web of Conferences*, 485:3002. EDP Sciences, 2024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448503002>.

- Priadi, Cindy Rianti, Evelyn Suleeman, Linda Darmajanti, Gita Lestari Putri, Franziska Genter, Tim Foster, dan Juliet Willetts. "Policy and Regulatory Context for Self-Supplied Drinking Water Services in Two Cities in Indonesia: Priorities for Managing Risks." *Environmental Development* 49 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100940>.
- Purnawati, Andi, Syamsul Haling, Irmawaty, Kamal, dan Mukhlis Lubis. "The decline of Legal Authority in Addressing Ecocide: An Environmental Law Analysis." *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation* 18, no. 1 (2025). <http://www.bioflux.com.ro/aacl>.
- Rahmadanti, Dias, dan Rahayu Subekti. "Penegakan Hukum Lingkungan melalui Sanksi Administratif terhadap Pelanggaran Limbah B3 di Kota Surakarta." *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan Undiksha* 10, no. 2 (2022) <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPP/article/view/47555>.
- Sentoso, Geraldus Grenaldo. "Problematika Pemenuhan Kepatuhan Hukum Pengelolaan Limbah B3 pada Industri Kabel Listrik (Studi Industri PT 'X' di Kota Bandung)." *Bina Hukum Lingkungan* 8, no. 1 (2023). <https://doi.org/10.24970/bhl.v8i1.241>.
- Sisma, Annisa Fianni, dan Rahayu Subekti. "Comprehensive and Measurable Environmental Monitoring: A Comparison of Indonesian and Danish Concepts." *Udayana Journal of Law and Culture* 8, no. 1 (2024). <https://doi.org/10.24843/UJLC.2024.v08.i01.p05>.
- Suryawan, I Gusti Bagus, I Putu Ngurah Aryana, Yohanes I Wayan Suryadi, M. Ngurah Arya Yogie Krsna, dan Mirela Maria Ribeiro Guterres. "Reinforcing the *Ultimum Remedium* Principle in Environmental Law Enforcement: A Three-Layered Approach Under Law No. 32 of 2009." *Unissula Jurnal Hukum* 41, no. 2 (2025). <https://doi.org/10.26532/jh.v41i2.43298>.
- Sutrisno, Endang, Taty Sugiarti, dan Novani Ambarsari Pratiwi. "Environmental Law Enforcement in Hazardous Waste Management in West Java Indonesia: A Critical Trajectory of Green and Anthropogenic Based Environmental Policy Orientations." *International Journal of Scientific & Technology Research* 8, no. 8 (2019). <https://www.ijstr.org/final-print/aug2019/Environmental-Law-Enforcement-In-Hazardous-Waste-Management-In-West-Java-Indonesia.pdf>.
- Yue, Shumei, and Wenna Fan. "Collaborative Governance Mechanism for Nuclear Contamination Data in the Pacific Rim Region in the Context of Transboundary Nuclear Damage Accountability Inflicted by Japan." *Environmental Challenges* 19 (2025). <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101110>.
- Zahroh, Umami A'zizah, dan Fatma Ulfatun Najicha. "Problems and Challenges on Environmental Law Enforcement in Indonesia: AMDAL in the Context of Administrative Law." *Indonesian State Law Review* 5, no. 2 (2022). <https://doi.org/10.15294/islrev.v5i2.46511>.

### Peraturan Perundang-undangan

Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

### Sumber Lainnya

BAPETEN. "Supervisi Dekontaminasi Sumber Cs-137 di Kawasan Industri Modern Cikande, Banten-Hari ke-5: Pencabutan Plang Tanda Kontaminasi Radiasi." *BAPETEN*, 2025. Diakses 17 Oktober 2025. <https://www.bapeten.go.id/berita/supervisi-dekontaminasi-sumber-cs137-di-kawasan-industri-modern-cikande-banten--hari-ke5-pencabutan-plang-tanda-kontaminasi-radiasi-235419>.

\_\_\_\_\_. "Laporan Hasil Inspeksi Lingkungan Kawasan Industri Cikande." *BAPETEN*, 2025. Diakses 23 Oktober 2025. <https://www.bapeten.go.id/berita/siaran-pers-pengawasan-pelaksanaan-penanganan-kontaminasi-cesium-137-cs137-di-kawasan-industri-modern-kim-cikande-200634>.

\_\_\_\_\_. "Laporan Penegakan Hukum Industri Radioaktif." *BAPETEN*, 2025. Diakses 23 Oktober 2025. <https://www.bapeten.go.id/berita/bapeten-laksanakan-penanganan-dan-pemindahan-sumber-radioaktif-di-kawasan-industri-modern-cikande-serang-231822>.

\_\_\_\_\_. "Ringkasan Kebijakan Pengawasan Limbah Radioaktif Tahun 2025." *BAPETEN*, 2025. Diakses 23 Oktober 2025. <https://www.bapeten.go.id/berita/bapeten-lakukan-dekontaminasi-sumber-kontaminan-cs137-di-kawasan-industri-modern-cikande-banten-225507>.

Ikhsanudin, Arief. "KLH: 22 Keluarga Disarankan Direlokasi karena Radiasi di Cikande." *Detik News*, 2025. Diakses 23 Oktober 2025. <https://news.detik.com/berita/d-8165303/klh-22-keluarga-disarankan-direlokasi-karena-radiasi-di-cikande>.

KLHK. "Data Monitoring Limbah Radioaktif Kawasan Industri." *KLH/BPLH*, 2025. Diakses 23 Oktober 2025. <https://kemenlh.go.id/news/detail/menteri-lh-tetapkan-kawasan-industri-modern-cikande-sebagai-kejadian-khusus-cemaran-radiasi-cesium-137>.

\_\_\_\_\_. "Laporan Evaluasi Kebijakan Perlindungan Lingkungan Industri." *KLH/BPLH*, 2025. Diakses 23 Oktober 2025. <https://kemenlh.go.id/news/detail/percepat-penanganan-kontaminasi-radioaktif-cesium-137-di-cikande-63-warga-direlokasi-sementara>.

\_\_\_\_\_. "Laporan Pelaksanaan Penegakan Hukum Lingkungan Tahun 2025." *KLH/BPLH*, 2025. Diakses 23 Oktober 2025. <https://kemenlh.go.id/news/detail/satuan-tugas-cesium-137-percepat-dekontaminasi-di-cikande-91-warga-di-zona-merah-telah-direlokasi-sementara>.

\_\_\_\_\_. "Satuan Tugas Cesium-137 Percepat Dekontaminasi di Cikande, 91 Warga di Zona Merah Telah Direlokasi Sementara." *KLH/BPLH*, 2025. Diakses 23 Oktober 2025.

<https://kemenlh.go.id/news/detail/satuan-tugas-cesium-137-percepat-dekontaminasi-di-cikande-91-warga-di-zona-merah-telah-direlokasi-sementara>.

Kompas.com. "Dampak Paparan Cesium-137, 200.000 Warga Cikande Diperiksa Kesehatan." Kompas.com, 2025. Diakses 14 Oktober 2025.

<https://regional.kompas.com/read/2025/10/14/094516078/dampak-paparan-cesium-137-200000-warga-cikande-diperiksa-kesehatannya>.