

**Penegakan Hukum Administrasi Lingkungan Kontaminasi Radioaktif
Industri: Perbandingan Jepang Dan Inggris**

*Enforcement Of Environmental Administrative Law Regarding Industrial
Radioactive Contamination: A Comparison Between Japan And The United
Kingdom*

Nurul Laili Fadhillah¹, Candra Firman Prayogi², Eddy Mulyono³

^{1,2,3}Fakultas Hukum, Ilmu Hukum, Universitas Jember

Email: laili.fh@unej.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya aktivitas industri berisiko pada pencemaran lingkungan, salah satunya kontaminasi radioaktif yang memiliki risiko tinggi bagi kesehatan dan ekosistem. Kasus Cesium-137 di Cikande dan Batan Indah menunjukkan kompleksitas penegakan hukum administrasi. Penelitian yuridis normatif ini bertujuan menganalisis instrumen penegakan hukum administrasi lingkungan terhadap kontaminasi radioaktif dengan perbandingan dengan Jepang dan Inggris, serta mengidentifikasi faktor penghambatnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penegakan hukum dilakukan melalui instrumen preventif (perizinan, pengawasan) dan represif (sanksi administratif) serta langkah kolaboratif dengan beberapa *stakeholder*. Namun, terdapat hambatan berupa disharmonisasi regulasi antara Undang-undang tentang Ketenaganukliran dan Undang-undang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, serta keterbatasan sarana teknis pengawasan. Penguatan koordinasi antar lembaga dan sinkronisasi regulasi menjadi kunci efektivitas penegakan hukum dalam melindungi lingkungan dari paparan radiasi.

Kata kunci: penegakan hukum; hukum administrasi lingkungan; kontaminasi radioaktif; Cesium-137.

ABSTRACT

Increased industrial activity poses a risk of environmental pollution, including radioactive contamination, which poses a high risk to human health and ecosystems. The Cesium-137 cases in Cikande and Batan Indah highlight the complexity of administrative law enforcement. This normative legal study aims to analyze the instruments of administrative law enforcement regarding radioactive contamination by comparing them with those in Japan and the United Kingdom,

as well as to identify the factors hindering enforcement. The results of the study indicate that law enforcement is carried out through preventive instruments (permitting, supervision) and repressive instruments (administrative sanctions), as well as through collaborative steps with various stakeholders. However, there are obstacles in the form of regulatory disharmony between the Nuclear Energy Act and the Environmental Protection and Management Act, as well as limitations in technical monitoring capabilities. Strengthening inter-agency coordination and regulatory synchronization are key to the effectiveness of law enforcement in protecting the environment from radiation exposure.

Keywords: *law enforcement; environmental administrative law; radioactive contamination; Cesium-137.*

PENDAHULUAN

Pembangunan industri merupakan salah satu motor penggerak pertumbuhan ekonomi nasional. Namun, di balik manfaat tersebut, aktivitas industri juga menghasilkan risiko ekologis yang besar, terutama apabila pengelolaan limbah tidak mengikuti standar perlindungan lingkungan.¹ Salah satu tantangan paling serius dalam pengelolaan lingkungan industri adalah pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (selanjutnya disingkat dengan B3), termasuk limbah yang mengandung bahan radioaktif.² Limbah jenis ini memiliki karakteristik yang jauh lebih berbahaya dibandingkan limbah biasa, karena paparan radiasi dapat menimbulkan dampak kesehatan yang bersifat akut maupun kronis, seperti kerusakan jaringan tubuh, gangguan organ, mutasi genetik, hingga kanker.³ Selain itu, limbah radioaktif dapat mencemari tanah, air, dan udara, serta bertahan dalam waktu lama karena sifat radionuklida yang persisten. Oleh karena itu, pengelolaan

¹ Eka Aprilia Rustamaji dan Dya Qurotul A'yun, "Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Akibat Pembuangan Limbah Industri MSG," *SEARCH: Science Education Research Journal* 2, no. 2 (2024): 95–101, <https://doi.org/10.47945/search.v2i2.1435>.

² Putri Nadia Berliana dkk., "Kajian Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) PT. X," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi* 2, no. 2 (2023): 400–408, <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i2.1280>.

³ Eko Yudho Pramono dan Waringin Margi Yusmaman, "Dampak Limbah Radioaktif Terhadap Lingkungan dan Upaya Mitigasi Risikonya," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI* 6, no. 1 (2025), <https://doi.org/10.31315/psb.v6i1.14471>.

limbah radioaktif menuntut standar kehati-hatian yang lebih tinggi, pengawasan yang ketat, serta mekanisme penegakan hukum yang tegas dan terukur.

Kasus kontaminasi radioaktif di Kawasan Industri Modern Cikande, Serang, Banten, menjadi perhatian publik karena memperlihatkan bagaimana material radioaktif diduga terdeteksi dalam rantai produksi industri non-nuklir. Adapun kasus ini bermula dari temuan *Food and Drugs Administration* (FDA) Amerika Serikat terhadap adanya kontaminasi Cesium-137 pada produk udang beku asal Indonesia, yang kemudian diikuti investigasi lintas lembaga oleh pemerintah Indonesia.⁴ Setelah dilakukan penelusuran, sumber kontaminasi dikaitkan dengan kegiatan industri peleburan logam yang berlokasi di kawasan tersebut. Pemerintah melalui Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup telah melakukan penyegelan, penetapan kejadian khusus cemaran radiasi, dan serangkaian tindakan dekontaminasi.⁵

Kasus penyalahgunaan pengelolaan limbah radioaktif dalam tata kelola nuklir di Indonesia bukanlah kejadian pertama, sebelumnya pernah terjadi insiden serupa pada tahun 2020 di wilayah Tangerang yang melibatkan pelaku dari sektor industri. Kejadian ini mengungkap fakta mencengangkan mengenai kepemilikan ilegal puluhan sumber radiasi pengion oleh pihak industri, yang dilakukan tanpa memperoleh izin resmi dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir (selanjutnya disebut dengan BAPETEN). Semuanya bermula dari upaya pengembangan temuan radiasi di kawasan Perumahan Batan Indah, Tangerang, di mana pada awal tahun 2020, petugas BAPETEN melakukan uji fungsi terhadap alat monitor radiasi keliling. Hasilnya, mereka berhasil mengidentifikasi adanya paparan radiasi yang melebihi ambang batas aman di area lingkungan perumahan tersebut, sehingga memicu investigasi mendalam.

⁴ Robertus Andrianto & Damiana, "Kronologi AS Temukan Kontaminasi Cs-137 di Udang dan Cengkih Indonesia," CNBC Indonesia, 2 Oktober 2025, diakses pada 17 Oktober 2025 <https://www.cnbcindonesia.com/news/20251002130023-4-672248/kronologi-as-temukan-kontaminasi-cs-137-di-udang-dan-cengkih-indonesia>.

⁵ Agung Rammando et al., "Efektivitas Penerapan Sanksi Administratif Lingkungan Di Indonesia," *Jurnal Ilmu Hukum, Sosial, dan Humaniora* 2 (11) (2024): Hal. 776–86.

Berdasarkan hasil temuan terdapat zat radioaktif jenis cesium-137 berasal dari luar fasilitas perumahan dan berhasil dilacak ke dua lokasi utama di Tangerang. Salah satu lokasi tersebut adalah gudang milik tersangka, yang ternyata menyimpan sumber radiasi pengion secara *illegal* tepat di dalam rumah tinggalnya sendiri. Sebanyak 62 zat radioaktif berhasil diamankan oleh tim investigasi, dan semuanya tidak didukung oleh izin sah dari BAPETEN, menunjukkan adanya celah serius dalam sistem perizinan dan pengawasan. Berdasarkan hasil investigasi serta penegakan hukum yang telah diterapkan sebagian, kasus ini menyeret keterlibatan perusahaan PT. DNA Pradhana Persada, sebuah entitas usaha yang bergerak di bidang pemasokan peralatan dan sumber radiasi pengion. Penyimpanan *illegal* ini berpotensi menyebabkan kontaminasi lingkungan yang luas melalui udara, air permukaan, dan tanah, yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat sekitar secara jangka panjang.

Lebih lanjut, BAPETEN juga menemukan bukti kontaminasi radiasi yang tertimbun di dalam tanah pada sebuah lahan kosong terdekat. Tim kemudian melakukan penggalian intensif dan berhasil mengeruk ratusan drum berisi limbah yang terkontaminasi, yang ternyata merupakan sisa buangan dari aktivitas penyimpanan *illegal* di rumah tersangka. Ternyata, tersangka secara sengaja menawarkan jasa dekontaminasi radioaktif secara gelap dan nekat menyimpan limbah industri berbahaya di properti pribadinya demi meraup keuntungan ekonomi yang menggiurkan. Akibatnya, pelaku dijerat dengan pasal 42 dan 43 Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, yang mengatur ketat mengenai penanganan bahan radioaktif untuk mencegah risiko bencana lingkungan dan kesehatan publik.

Urgensi penegakan hukum administrasi dalam tata kelola nuklir di Indonesia kini semakin terasa nyata dan mendesak untuk segera diatasi, mengingat maraknya berbagai bentuk pelanggaran terhadap lingkungan serta aktivitas merugikan masyarakat luas. Dalam kasus Perumahan Batan Indah ini, esensi masalah inti terletak pada kegagalan sistem pengawasan dan proses perizinan yang seharusnya mampu mendeteksi keberadaan limbah *illegal* jauh sebelum terjadinya kontaminasi lingkungan yang masif. Kegagalan ini tidak hanya mengeksploitasi

kelemahan regulasi, tetapi juga menimbulkan ancaman radiologis yang sulit dipulihkan, seperti peningkatan risiko kanker dan kerusakan ekosistem. Untuk mencegah kejadian serupa di masa depan, diperlukan penguatan koordinasi antara BAPETEN, Polri, dan pemerintah daerah melalui peningkatan frekuensi inspeksi rutin, pemanfaatan teknologi deteksi radiasi canggih seperti drone pengukur gamma, serta sanksi tegas yang bersifat preventif. Selain itu, edukasi masyarakat tentang bahaya radiasi dan pelaporan dini dapat menjadi benteng pertama dalam melindungi publik. Dengan demikian, tata kelola nuklir yang lebih ketat dan transparan akan memastikan bahwa manfaat teknologi nuklir untuk pembangunan nasional tidak ternoda oleh praktik ilegal yang merugikan.

Kasus-kasus ini penting untuk dikaji dari perspektif hukum administrasi lingkungan karena menunjukkan adanya persoalan pada tingkat pencegahan, pengawasan, dan penindakan administratif. Dalam kerangka hukum lingkungan Indonesia, UUPPLH memberikan dasar bagi pemerintah untuk melakukan pengawasan dan menjatuhkan sanksi administratif terhadap pelanggaran lingkungan.⁶ Di sisi lain, PP Nomor 61 Tahun 2013 mengatur secara khusus tata kelola limbah radioaktif dan memberi kewenangan kepada BAPETEN untuk melakukan pengawasan serta menjatuhkan sanksi atas pelanggaran. Ketika suatu peristiwa pencemaran melibatkan unsur radioaktif, maka persoalannya tidak cukup dipahami sebagai pelanggaran teknis industri semata, melainkan juga sebagai problem tata kelola hukum yang membutuhkan koordinasi antarlembaga dan pendekatan yang berbasis risiko.

Penelitian ini menjadi relevan karena menempatkan penegakan hukum administrasi lingkungan bukan sekadar sebagai mekanisme penghukuman, tetapi juga sebagai sarana pencegahan dan pemulihan. Dalam konteks kasus radioaktif, penegakan hukum harus mampu memastikan bahwa sumber bahaya dapat diidentifikasi, risiko dapat dikendalikan, masyarakat terlindungi, dan pelaku usaha bertanggung jawab atas akibat dari kegiatannya. Selain itu, kasus ini juga membuka

⁶ Aisya Nursabrina dkk., “Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri Di Indonesia Dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur,” *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung* 13, no. 1 (2021): 80–90, <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v13i1.1841>.

ruang untuk menilai sejauh mana sistem hukum Indonesia mampu merespons pencemaran yang tidak sepenuhnya berada dalam rezim hukum lingkungan umum, melainkan bersinggungan dengan rezim ketenaganukliran. Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini mengajukan dua fokus utama. Pertama, bagaimana instrumen lingkungan hidup memfasilitasi penegakan hukum administrasi lingkungan pada kontaminasi radioaktif industri.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penulisan artikel ini menggunakan penelitian hukum normatif, dengan menggunakan pendekatan konseptual, pendekatan peraturan perundang-undangan dan pendekatan perbandingan,⁷ yakni dengan negara Jepang dan Inggris terkait dengan penanganan kontaminasi radioaktif. Dengan berkaca pada negara tersebut sebagai pembanding harapannya dapat memberikan ulasan yang komprehensif dalam melakukan penegakan hukum lingkungan atas kontaminasi radioaktif di Indonesia. Sehingga dapat memaksimalkan upaya serta langkah kedepannya dalam proses penegakan hukum lingkungan khususnya dalam penanganan pencemaran kontaminasi radioaktif di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Instrumen Lingkungan Hidup Memfasilitasi Penegakan Hukum Administrasi Lingkungan pada Kontaminasi Radioaktif Industri

Penegakan hukum pada dasarnya adalah proses untuk mewujudkan norma hukum dalam kehidupan nyata. Tanpa penegakan hukum, hukum hanya menjadi rangkaian teks normatif yang tidak memiliki daya paksa.⁸ Dalam doktrin hukum, penegakan hukum tidak hanya dimaknai sebagai tindakan aparat negara, tetapi juga sebagai proses sosial yang melibatkan kepatuhan masyarakat, peran lembaga, dan

⁷ Peter Mahmud Marzuki, *Penelitian hukum: Edisi revisi*, Cetakan Ketiga Belas, (Jakarta: Kencana, 2017).

⁸ Lismanto Lismanto dan Yos Johan Utama, "Membumikan Instrumen Hukum Administrasi Negara Sebagai Alat Mewujudkan Kesejahteraan Sosial dalam Perspektif Negara Demokrasi," *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia* 2, no. 3 (2020): 416–33, <https://doi.org/10.14710/jphi.v2i3.416-433>.

efektivitas struktur hukum. Lawrence M. Friedman menjelaskan bahwa suatu sistem hukum terdiri dari struktur, substansi, dan budaya hukum; ketiga unsur tersebut harus bekerja serempak agar hukum dapat efektif. Dalam konteks hukum administrasi lingkungan, penegakan hukum memiliki fungsi preventif dan represif. Fungsi preventif bertujuan mencegah pelanggaran sebelum terjadi, sedangkan fungsi represif bertujuan menindak pelanggaran yang sudah terjadi. Dua fungsi ini tidak dapat dipisahkan karena penegakan hukum lingkungan yang baik harus mampu melindungi lingkungan sebelum kerusakan meluas, sekaligus memberikan sanksi yang memadai ketika terjadi pelanggaran.⁹

Prinsip *strict liability* sangat penting dalam perkara pencemaran lingkungan karena memungkinkan tanggung jawab dibebankan kepada pelaku usaha tanpa harus menunggu pembuktian kesalahan secara konvensional. Prinsip ini memperkuat perlindungan terhadap masyarakat dan lingkungan karena tidak semua pencemaran mudah dibuktikan secara langsung, terutama pencemaran radioaktif yang memerlukan keahlian teknis khusus. Prinsip *polluter pays* menegaskan bahwa pihak yang menyebabkan pencemaran harus menanggung biaya pemulihan dan ganti rugi. Prinsip kehati-hatian atau *precautionary principle* menempatkan pencegahan sebagai prioritas meskipun bukti ilmiah belum lengkap. Prinsip keberlanjutan menekankan bahwa perlindungan lingkungan harus menjaga kualitas sumber daya alam bagi generasi mendatang.

Hukum administrasi lingkungan bukan sekadar instrumen perizinan, tetapi juga perangkat pengawasan, pengendalian risiko, dan pemulihan. Instrumen seperti Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (selanjutnya disingkat dengan AMDAL), baku mutu lingkungan, audit lingkungan, dan persetujuan lingkungan berfungsi sebagai mekanisme preventif. Sementara itu, sanksi administratif seperti teguran tertulis, paksaan pemerintah, pembekuan izin, dan pencabutan izin berfungsi

⁹ Fakultas Hukum Universitas Borneo Tarakan Dan Aditia Syaprillah, "Penegakan Hukum Administrasi Lingkungan Melalui Instrumen Pengawasan," *Bina Hukum Lingkungan* 1, no. 1 (2016): 99–113, <https://doi.org/10.24970/jbhl.v1n1.8>.

sebagai mekanisme represif. Pada kasus radioaktif, fungsi-fungsi ini harus dijalankan secara terpadu dengan dukungan lembaga teknis seperti BAPETEN.¹⁰

Penegakan hukum administrasi lingkungan yang ideal harus dimulai dari instrumen preventif. Instrumen ini berfungsi menutup peluang terjadinya pencemaran sebelum dampaknya nyata di lapangan. Dalam kasus dugaan kontaminasi radioaktif industri, instrumen preventif memiliki posisi sangat penting karena pencemaran radioaktif sering kali baru diketahui setelah kontaminasi menyebar atau setelah hasil pengujian laboratorium menunjukkan adanya radionuklida.¹¹ Berikut klasifikasi instrumen preventif:

1. Baku mutu lingkungan adalah standar yang menentukan batas aman keberadaan unsur pencemar dalam media lingkungan. Dalam UUPPLH, baku mutu menjadi ukuran legal untuk menilai apakah telah terjadi pencemaran atau tidak. Dalam kasus radioaktif, baku mutu semestinya tidak hanya mengacu pada pencemar umum, tetapi juga mempertimbangkan ambang batas radiasi dan kemungkinan paparan terhadap manusia. Baku mutu memiliki fungsi penting sebagai alat kontrol yang lebih cepat mengidentifikasi pelanggaran dan mencegah kerusakan yang meluas. Jika terbukti terkontaminasi, baku mutu seharusnya diturunkan menjadi parameter operasional yang mudah diawasi oleh pengawas lingkungan, pengelola kawasan, dan otoritas teknis sebagai instrumen teknis.
2. AMDAL merupakan instrumen pencegahan utama dalam pengendalian dampak lingkungan dari suatu kegiatan usaha. Pada kasus radioaktif, AMDAL harus lebih sensitif terhadap risiko radiasi. Ini berarti dokumen AMDAL tidak boleh hanya menilai pencemaran kimiawi atau fisik biasa, tetapi juga harus memasukkan risiko bahan radioaktif, protokol tanggap darurat radiasi, dan standar pemantauan khusus. Jika AMDAL disusun secara formalitas tanpa

¹⁰ Collin Adi Pratama dkk., "Instrumen hukum administrasi lingkungan diterapkan secara berkala untuk mencegah, mengendalikan, dan memulihkan dampak yang diakibatkan oleh kontaminasi limbah B3 termasuk yang mengandung radioaktif," *LITRA: Jurnal Hukum Lingkungan, Tata Ruang, dan Agraria* 3, no. 1 (2023): 56–70, <https://doi.org/10.23920/litra.v3i1.1496>.

¹¹ Wicipto Setiadi, Sanksi Administratif Sebagai Salah Satu Instrumen Penegakan Hukum Dalam Peraturan Perundang-Undangan, 6, no. 4 (2009).

analisis risiko yang memadai, maka instrumen ini gagal menjalankan fungsi preventifnya.

3. Persetujuan lingkungan berfungsi sebagai pintu masuk suatu kegiatan usaha telah memenuhi persyaratan lingkungan sebelum beroperasi. Dalam skema hukum lingkungan Indonesia pasca perubahan regulasi, persetujuan lingkungan tetap memegang fungsi penting sebagai prasyarat administratif bagi kegiatan usaha. Pada industri yang mengolah logam atau limbah, persetujuan lingkungan seharusnya memuat ketentuan khusus mengenai pengawasan kontaminan berbahaya, termasuk mekanisme deteksi radioaktif apabila ada bahan baku atau residu yang berasal dari rantai pasok internasional. Dalam kasus PT PMT menunjukkan bahwa kegagalan deteksi awal dapat mengindikasikan lemahnya proses verifikasi izin dan pengawasan berkelanjutan. Karena itu, persetujuan lingkungan harus dipahami bukan sebagai dokumen statis, melainkan sebagai instrumen dinamis yang menuntut pengawasan berkala dan pembaruan sesuai risiko baru.
4. Instrumen ekonomi lingkungan mencakup mekanisme insentif, disinsentif, pajak, denda, dan skema biaya pemulihan. Instrumen ini penting karena menghubungkan kepentingan ekonomi dengan kepatuhan lingkungan. Dalam kasus pencemaran, prinsip *polluter pays* mewajibkan pelaku usaha menanggung biaya pemulihan dan ganti rugi. Dalam kasus kontaminasi radioaktif, instrumen ekonomi dapat digunakan untuk memastikan bahwa biaya dekontaminasi tidak dibebankan kepada negara semata. Jika pelaku pencemar dapat diidentifikasi, maka seluruh biaya remediasi, rehabilitasi, dan kompensasi harus ditanggung oleh pihak yang menyebabkan pencemaran yakni pelaku usaha, hal ini untuk menciptakan efek jera agar pelaku usaha tidak menganggap pencemaran sebagai risiko yang dapat dialihkan kepada publik.
5. Audit lingkungan adalah pemeriksaan berkala, sistematis, dan objektif terhadap kepatuhan usaha terhadap norma lingkungan. Dalam penelitian ini, audit lingkungan diposisikan sebagai instrumen penting yang seharusnya mampu mendeteksi potensi kontaminasi sejak dini. Namun, kasus Cikande menunjukkan bahwa temuan justru datang dari investigasi eksternal dan peringatan otoritas

luar negeri, bukan dari audit lingkungan internal yang efektif. Kelemahan ini menegaskan pentingnya audit berkala dengan indikator yang lebih spesifik. Untuk industri yang berisiko, audit lingkungan tidak cukup hanya memeriksa limbah biasa, tetapi juga harus memasukkan parameter radiasi, pergerakan material impor, dan potensi akumulasi kontaminan dalam proses produksi. Dengan kata lain, audit lingkungan harus menjadi alat deteksi dini yang nyata, bukan sekadar formalitas kepatuhan.

Sedangkan instrumen represif diperlukan ketika pelanggaran telah terjadi atau risiko telah berubah menjadi ancaman nyata. Dalam kasus dugaan kontaminasi radioaktif industri, sanksi administratif menjadi instrumen yang paling relevan pada tahap awal, karena pemerintah perlu segera menghentikan sumber bahaya sebelum kerusakan meluas.¹² Penegakan hukum administrasi lingkungan dalam kasus kontaminasi radioaktif bertumpu pada beberapa perangkat hukum utama. Undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (selanjutnya disingkat dengan UUPPLH) menjadi dasar umum pengelolaan lingkungan hidup, pengawasan, dan sanksi administratif. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (selanjutnya disingkat dengan PPPPLH) mempertegas mekanisme penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, termasuk sanksi administratif dalam rezim persetujuan lingkungan. Sementara itu, Peraturan Pemerintah No.61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif (selanjutnya disingkat PPPLR) menjadi dasar khusus pengelolaan limbah radioaktif dan memberi legitimasi pada kewenangan BAPETEN dalam melaksanakan pengawasan dan penegakan. Kehadiran regulasi khusus ini penting karena pencemaran radioaktif tidak dapat diatasi hanya dengan rezim lingkungan ansih. Sifat bahaya radiasi memerlukan pendekatan teknis yang berbeda, standar pengukuran yang spesifik, dan kewenangan lembaga yang memahami karakteristik

¹² Aditya Putu Wijaya dkk., “Penegakan Hukum Lingkungan Dalam Aspek Hukum Administrasi: Studi Kasus Pencemaran Limbah Paracetamol Di Jakarta,” *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora* 2, no. 3 (2025).

bahan radioaktif. Oleh sebab itu, hubungan antara KLH/BPLH dan BAPETEN harus dipahami sebagai hubungan komplementer, bukan saling menggantikan.¹³

1. Teguran tertulis merupakan sanksi administratif paling ringan. Meski ringan, teguran tertulis memiliki fungsi penting sebagai peringatan formal kepada penanggung jawab usaha. Dalam kasus lingkungan, teguran tertulis berguna untuk memberikan kesempatan pertama kepada pelaku usaha agar memperbaiki pelanggaran tanpa langsung dikenai sanksi yang lebih berat.
2. Paksaan pemerintah merupakan bentuk tindakan administratif yang lebih tegas, biasanya berupa penghentian sementara kegiatan, penyegehan fasilitas, penutupan saluran, pembongkaran sarana penyebab pencemaran, atau penyitaan. Dalam kasus Cikande, penyegehan yang dilakukan KLH/BPLH dapat dipahami sebagai bentuk paksaan pemerintah untuk mencegah risiko lebih lanjut. Tindakan ini penting karena dalam kasus radioaktif, penundaan beberapa hari saja dapat memperluas paparan dan meningkatkan risiko kesehatan.
3. Pembekuan izin menandakan bahwa kegiatan usaha tidak dapat dilanjutkan sampai kewajiban perbaikan terpenuhi. Sanksi ini bersifat reformatif karena masih memberi ruang bagi pelaku usaha untuk memperbaiki kondisi dan memulihkan kepatuhan. Namun, dalam kasus pelanggaran berat atau bila pelaku tidak kooperatif, pembekuan izin juga berfungsi sebagai tekanan administratif agar perusahaan menyadari keseriusan pelanggaran yang terjadi.
4. Pemulihan lingkungan adalah bagian inti dari penegakan hukum administrasi lingkungan. Dalam kasus radioaktif, pemulihan tidak cukup hanya dengan membersihkan area permukaan, tetapi juga harus mencakup remediasi tanah, pengangkutan material terkontaminasi, pengamanan limbah, dan pemantauan pasca-dekontaminasi. Prinsip *polluter pays* menempatkan seluruh biaya ini sebagai tanggung jawab pencemar. Jika pemulihan dibebankan ke negara tanpa mekanisme regresi yang jelas, maka penegakan hukum kehilangan daya keadilannya.

¹³ Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup.

5. Pencabutan izin merupakan sanksi administratif paling berat. Sanksi ini digunakan bila pelanggaran sangat serius, berulang, atau mengakibatkan bahaya yang tidak dapat dikendalikan. Dalam doktrin hukum administrasi, pencabutan izin merupakan ultimum remedium administratif, artinya digunakan sebagai pilihan terakhir ketika instrumen lain tidak efektif. Dalam konteks industri yang menimbulkan kontaminasi radioaktif, pencabutan izin menjadi bentuk perlindungan publik yang tegas karena kegiatan usaha yang membahayakan tidak boleh terus berlangsung

Penegakan Hukum Administrasi Lingkungan pada Kontaminasi Radioaktif: Perbandingan Jepang dan Inggris

Penegakan hukum administrasi lingkungan pada kontaminasi radioaktif industri dalam kasus ini membandingkannya dengan Negara Jepang dan Inggris. Karena adanya perbedaan model penanganan dalam kontaminasi radioaktif. Hal ini terlihat pada Jepang pasca Fukushima dianggap lebih proaktif, transparan, dan berbasis teknologi.¹⁴ Dalam kasus ini, Jepang mengandalkan regulasi pasca Fukushima melalui badan independen khusus yang menanggapi keselamatan penggunaan energi nuklir untuk melindungi lingkungan dan masyarakat yaitu *Nuclear Regulation Authority (NRA)*.¹⁵ NRA mengatur standar dan mitigasi kecelakaan berdasarkan teknologi terbaru. Pasca insiden yang terjadi, pemantauan secara berkala oleh NRA dilakukan demi mengembalikan kredibilitas atau kepercayaan publik melalui regulasi yang ketat dan lebih transparan.¹⁶ Meskipun muncul pro dan kontra karena berkaitan dengan pembuangan air limbah nuklir

¹⁴ Hajriyanti Nuraini, "Analisis Mengenai Keputusan Pemerintah Jepang Dalam Pembuangan Air Radioaktif Fukushima Terhadap Hukum Lingkungan Internasional: The Analysis of Japan's Decisions to Discharge Fukushima Radioactive Waste Water Under International Environmental Law," *LITRA: Jurnal Hukum Lingkungan, Tata Ruang, dan Agraria* 1, no. 2 (2022): 265–76, <https://doi.org/10.23920/litra.v1i2.775>.

¹⁵ Upik Sarjiati, "Risiko Nuklir Dan Respon Publik Terhadap Bencana Nuklir Fukushima Di Jepang," *Jurnal Kajian Wilayah* 9, no. 1 (2018): 46, <https://doi.org/10.14203/jkw.v9i1.785>.

¹⁶ Hajriyanti Nuraini, "Analisis Mengenai Keputusan Pemerintah Jepang Dalam Pembuangan Air Radioaktif Fukushima Terhadap Hukum Lingkungan Internasional: The Analysis of Japan's Decisions to Discharge Fukushima Radioactive Waste Water Under International Environmental Law," *LITRA: Jurnal Hukum Lingkungan, Tata Ruang, dan Agraria* 1, no. 2 (2022): 265–76, <https://doi.org/10.23920/litra.v1i2.775>.

PLTN Fukushima yang berasal dari pendinginan reaktor yang meleleh setelah terjadi gempa dan tsunami. Selama proses ini, Jepang menggunakan standar penanganan internasional melalui pengawasan *International Atomic Energy Agency* (IAEA). Namun aktivitas ini memicu persetujuan multilateral karena potensi buruk masih dapat terjadi yang mengancam ekosistem laut. Hal ini juga mengakibatkan boikot Korea Selatan dan China terhadap ekspor *seafood* yang menjadi komoditas Jepang.¹⁷

Setelah insiden Fukushima, Jepang segera menetapkan standar ketat dengan batas aman 100 Bq/kg untuk ikan dan semua jenis *seafood*. Hingga saat ini pembuangan air limbah masih terus dilanjutkan meskipun banyak protes dari domestik maupun internasional. Berbagai protes yang dilakukan oleh masyarakat melalui *class action* untuk menuntut pemerintah dalam melindungi hak asasi manusia atas lingkungan hidup. Dapat disimpulkan bahwa Jepang merupakan negara dengan pengguna energi nuklir dalam jumlah besar sehingga akomodasi berupa standar penanganan dilakukan secara tepat dan ketat termasuk dalam kasus bencana yang terjadi di Fukushima.¹⁸ Penanganan di negara Jepang dalam skala besar menggunakan teknologi tinggi seperti penyaringan canggih berupa ALPS dan melibatkan monitoring internasional secara *real time* melalui IAEA merupakan suatu kelebihan negara Jepang sebagai upaya untuk melindungi dari dampak buruk lingkungan dan masyarakat.¹⁹ Penanganan insiden akibat radioaktif di negara ini bersifat proaktif dengan menggunakan teknologi tinggi dan pengelolaan siklus bahan bakar nuklir dalam jangka panjang dengan pengawasan ketat standar internasional. Jepang juga mengutamakan keterlibatan atau partisipasi masyarakat melalui gugatan publik sebagai bentuk demokrasi. Keberadaan *Nuclear Regulation*

¹⁷ Mazaya Azka Qinthar Haryono dan Imam Mulyana, "Perkembangan Prinsip Strict Liability dan Polluter Pays dalam Hukum Lingkungan Internasional Mengenai Kecelakaan dan Pencemaran dari Kapal Selam Nuklir," *Bina Hukum Lingkungan* 9, no. 2 (2025): 159–80, <https://doi.org/10.24970/bhl.v9i2.402>.

¹⁸ Aprilia Mawaddah dkk., "Analisis Hukum Terhadap Rencana Pembuangan Limbah Nuklir ke Laut Pasca Terjadinya Gempa Bumi dan Tsunami di Jepang," *Birokrasi: JURNAL ILMU HUKUM DAN TATA NEGARA* 1, no. 2 (2023): 92–103, <https://doi.org/10.55606/birokrasi.v1i2.491>.

¹⁹ Wei Gong, "International Law Obligations for the Disposal of Fukushima Nuclear-Contaminated Water under the Principles of Nuclear Safety," *Chinese Journal of Population, Resources and Environment* 22, no. 1 (2024): 10–19, <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2024.03.002>.

Authority (NRA) menunjukkan adanya desain kelembagaan yang khusus dan independen untuk menangani keselamatan nuklir.

Pada tahun 1957 insiden di Windscale, Inggris yaitu terjadinya kebakaran reaktor nuklir yang menjadikan peristiwa ini paling serius dalam sejarah karena terlepasnya zat berbahaya berupa radioaktif ke atmosfer. Insiden ini diawali dengan adanya kebocoran dan kebakaran hebat dari salah satu reaktor nuklir bernama *pile* yang memproduksi plutonium tingkat senjata sebagai program bom atom Inggris berbahan bakar uranium. Kebakaran yang terjadi diakibatkan oleh prosedur berkala yang memang menjadi aktivitas rutin yaitu pemanasan atau pelepasan *energi wigner*. Dalam pemanasan reaktor ini terjadi kesalahan sehingga bahan bakar uranium terbakar di dalam inti reaktor ini dan berlangsung selama tiga hari.²⁰ Akibatnya api yang semakin menyala membuat suasana memicu kekacauan dan kepanikan para pekerja dan warga sekitar. Pihak berwenang segera mengambil tindakan darurat untuk mencegah risiko buruk jangka panjang. Kebocoran radioaktif diakibatkan oleh kebakaran reaktor sehingga material berbahaya seperti *yodium, cesium, dan polonium* terlepas ke atmosfer. Di setiap reaktor memiliki filter pada cerobong asapnya, namun sebagian besar radiasi lepas dan menyebar ke seluruh wilayah Inggris. Peristiwa ini melibatkan para ilmuwan untuk mengidentifikasi pelepasan radiasi yang sudah mencemari lingkungan sekitar. Akibat insiden ini, susu dari daerah sekitarnya terkontaminasi radioaktif sehingga otoritas Inggris segera memusnahkan susu yang mengandung yodium 131 dari wilayah sekitar. Sampai saat ini reaktor *pile* telah disegel dan rusak sehingga tidak beroperasi lagi. Namun dilakukannya penyegelan bukan berarti mati total, tetapi masih terdapat sisa bahan bakar uranium yang tidak stabil hingga saat ini. Maka dari itu penanganannya berupa pengawasan yang ketat agar segel tersebut tidak mengalami keretakan. Setelah terjadi insiden tersebut segera dibentuk komite investigasi dan membuat hasil investigasi yang bersifat tertutup demi menjaga hubungan diplomatik dengan Amerika Serikat bahwa adanya kesalahan teknis dan

²⁰ Lorna Arnold, *Windscale 1957: Anatomy of a Nuclear Accident* (London: Palgrave Macmillan, 1992), versi bahasa Indonesia "Bencana Windscale," Wikipedia bahasa Indonesia, 13 April 2025, diakses Pada 28 Januari 2026, https://id.wikipedia.org/wiki/Bencana_Windscale.

organisasional. Pemerintah juga menerbitkan dokumen resmi berisi kebijakan yang berkaitan dengan kesehatan publik dan ancaman lingkungan. Pemerintah Inggris melakukan pemusnahan galon susu sejumlah 250.000 buah dan mengambil langkah hukum melalui larangan penjualan susu yang sudah terkontaminasi radioaktif jenis yodium selama satu bulan. Pemberian kompensasi kepada petani secara finansial akibat dampak terpaparnya susu oleh radioaktif.²¹ Berdasarkan prinsip tanggung jawab mutlak, operator nuklir bertanggung jawab atas seluruh dampak yang disebabkan insiden tersebut. Dapat disimpulkan bahwa penanganan kasus radioaktif di Inggris menggunakan pendekatan *as low as reasonably practicable* yang mana apabila pengelola tidak menjalankan upaya teknis untuk meminimalkan dampak kebocoran akan dijatuhi hukuman. Melihat kondisi ini, penanganan Windscale di Inggris mencerminkan model yang lebih tertutup, tetapi menegaskan tanggung jawab operator dan kehati-hatian terhadap dampak radiasi.²²

Maka, jika melihat kondisi di Indonesia yang telah melakukan melakukan penyegelan pabrik PT. PMT oleh Kementerian Lingkungan Hidup yang dilegitimasi melalui rilis resmi dengan nomor SR.223/HUMAS/KLH-BPLH/9/2025. Dalam rilis tersebut dinyatakan bahwa pabrik PT. PMT diduga menjadi sumber paparan tertinggi radioaktif Cesium-137 sehingga dilakukan penyegelan.²³ Kementerian Lingkungan Hidup secara resmi juga mengeluarkan rilis dengan Nomor SR.249/HUMAS/KLH-BPLH/9/2025 yang menetapkan Kawasan Industri Modern Cikande, Serang, Banten, sebagai kejadian khusus cemaran radiasi Cesium-137.²⁴ Penetapan kejadian khusus dilakukan untuk tindak lanjut yang lebih progresif dan intensif guna mengondisikan situasi termasuk

²¹ *Encyclopædia Britannica Editors*, "Windscale fire," *Encyclopædia Britannica*, 30 Juli 2025, diakses Pada 28 Januari 2026, <https://www.britannica.com/event/Windscale-fire>.

²² *Encyclopædia Britannica Editors*, "Windscale fire," *Encyclopædia Britannica*, 30 Juli 2025, diakses Pada 28 Januari 2026, <https://www.britannica.com/event/Windscale-fire>.

²³ Yulia Suryanti, "Atas Arahkan Menteri, KLH/BPLH Segel PT PMT: Jamin Mutu Udara Aman, Lingkungan dan Konsumen Terlindungi," Kementerian Lingkungan Hidup, 15 September 2025, diakses pada 16 Oktober 2025, <https://kemenlh.go.id/news/detail/atas-arahan-menteri-klhbplh-segel-pt-pmt-jamin-mutu-udang-aman-lingkungan-dan-konsumen-terlindungi>.

²⁴ Yulia Suryanti, "Menteri LH Tetapkan Kawasan Industri Modern Cikande sebagai Kejadian Khusus Cemaran Radiasi *Cesium-137*," Kementerian Lingkungan Hidup, 30 September 2025, diakses pada 17 Oktober 2025, <https://kemenlh.go.id/news/detail/atas-arahan-menteri-klhbplh-segel-pt-pmt-jamin-mutu-udang-aman-lingkungan-dan-konsumen-terlindungi>.

melakukan langkah dekontaminasi. Ditemukan sejumlah 32 titik kontaminasi di Kawasan Industri Modern Cikande, Serang, Banten dengan identifikasi kontaminasi radioaktif 10 titik di luar kawasan industri dan 22 titik di dalam kawasan industri. Imbas dari paparan radioaktif juga mengancam kesehatan warga sekitar yang tinggal di sekitar area kawasan industri tersebut.

Akibat kelalaian perusahaan, Kementerian Lingkungan Hidup (selanjutnya disingkat dengan KLH) melakukan Penyegehan kepada PT. PMT yang merupakan bentuk tindakan pencegahan risiko serius terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitar. Karena dengan menyegel, maka dapat memperlancar proses identifikasi guna dilakukan investigasi secara masif. Dalam hal ini, sanksi administrasi yang dapat diterapkan dalam menghukum perusahaan tersebut berupa denda, pencabutan izin lingkungan, dan tindakan korektif lainnya guna meningkatkan kepatuhan perusahaan terhadap peraturan yang berlaku khususnya tentang pengelolaan limbah B3 termasuk limbah yang mengandung radioaktif.²⁵ Selain sanksi administrasi yang diatur dalam UUPPLH, juga diatur secara teknis dalam PPPPLH serta PPPLR.²⁶ Dalam regulasi tersebut diatur mengenai pengawasan dan sanksi bagi pelanggar baik disengaja maupun tidak disengaja. Penegakan hukum administrasi yang diterapkan kepada PT. PMT merupakan upaya untuk memastikan kepatuhan perusahaan terhadap regulasi yang ada demi meminimalisir risiko yang terjadi pada keseimbangan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Peran pemerintah sangat vital dalam melakukan pengawasan dan penegakan hukum bagi perusahaan maupun pihak yang melanggar aturan terkait pengelolaan limbah B3 termasuk limbah yang mengandung radioaktif.²⁷ Kepatuhan perusahaan bertujuan untuk mempertahankan kualitas ekosistem sekitar dalam jangka panjang.

²⁵ Agung Rammando et al., “Efektivitas Penerapan Sanksi Administratif Lingkungan Di Indonesia,” *Jurnal Ilmu Hukum, Sosial, dan Humaniora* 2 (11) (2024): Hal. 776–86.

²⁶ Samhan Nafi’ BS, “Penegakan Hukum Administrasi Dalam Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup di Indonesia.,” *UNES Law Review* 6, no. 4 (2024): Hal. 10099–10115, <https://doi.org/10.31933/unesrev.v6i4>.

²⁷ Aisya Nursabrina et al., “Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri Di Indonesia Dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur,” *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung* 13, no. 1 (2021): Hal. 80–90, <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v13i1.1841>.

Tidak hanya peran pemerintah yang menjadi acuan, namun partisipasi masyarakat juga penting dalam pelaporan atau pengaduan terhadap dugaan aktivitas yang berpotensi menimbulkan kerugian lingkungan berdasarkan asas-asas dan prinsip yang dijamin dalam UUPPLH. Kolaborasi antara pemerintah dan masyarakat sangat penting untuk menciptakan efektivitas dan transparansi dalam mewujudkan pengelolaan lingkungan hidup yang baik. Selain itu dibutuhkan akuntabilitas pihak berwenang dalam penegakan hukum yang jelas dan tegas khususnya hukum administrasi lingkungan.²⁸ Regulasi mengenai penyimpanan, produksi, maupun pembuangan limbah B3 termasuk yang terkontaminasi radioaktif harus dipertegas demi menjaga kelestarian lingkungan agar dalam pengelolaannya tidak menimbulkan pencemaran dan risiko serius lainnya.

Kasus penanganan radioaktif pada PT. PMT di Indonesia lebih mengandalkan koordinasi antar lembaga termasuk KLH, BAPETEN, dan POLRI dengan tupoksi masing masing. Namun dalam pengawasan dan deteksi awal menjadi kelemahan karena dengan adanya kontaminasi tertinggi radioaktif yang bersumber di PT. PMT menandai bahwa minimnya pengawasan impor bahan limbah bekas. Negara kita masih cenderung reaktif atau bertindak setelah adanya kejadian. Penanganannya juga masih melibatkan kerjasama antar lembaga untuk memperkuat kinerja sebagai bentuk upaya respon cepat dan maksimal. Dari perbandingan tersebut, Indonesia dapat mengadopsi untuk proses penanganan serta penegakan hukum lingkungan adanya kontaminasi radioaktif yang dapat dilakukan oleh Indonesia antara lain memberlakukan prinsip *polluter pays* yang berlaku berupa tanggung jawab pembiayaan dekontaminasi yang juga berisiko membebani anggaran negara atau pengelola kawasan dan bagi pelaku usaha wajib menunaikan kewajiban ganti rugi agar pencemaran tidak dialihkan kepada negara atau masyarakat. Selain itu juga perlu terus melakukan pengawasan yang lebih proaktif dan teknologi deteksi yang lebih memadai. Selanjtnya adanya transparansi informasi publik agar masyarakat tidak hanya menjadi pihak terdampak, tetapi juga subjek yang dilindungi dan dilibatkan.

²⁸ Elisha Putri dkk., *Kontribusi Masyarakat terhadap Penegakan Hukum Lingkungan Berdasarkan UU No. 32 Tahun 2009*, no. 32 (2009).

KESIMPULAN

Penegakan hukum administrasi lingkungan kasus kontaminasi radioaktif industri harus dilaksanakan melalui kombinasi instrumen preventif dan represif. Instrumen preventif seperti baku mutu lingkungan, AMDAL, persetujuan lingkungan, instrumen ekonomi, dan audit lingkungan berfungsi untuk mencegah terjadinya pencemaran. Instrumen represif seperti teguran tertulis, paksaan pemerintah, pembekuan izin, pemulihan lingkungan, dan pencabutan izin berfungsi untuk menghentikan pelanggaran dan memulihkan kerusakan. Dari perbandingan antara Jepang dan Inggris, Indonesia perlu memberlakukan prinsip *polluter pays* yang berlaku berupa tanggung jawab pembiayaan dekontaminasi yang juga berisiko membebani anggaran negara atau pengelola kawasan dan bagi pelaku usaha wajib menunaikan kewajiban ganti rugi agar pencemaran tidak dialihkan kepada negara atau masyarakat. Selain itu juga perlu terus melakukan pengawasan yang lebih proaktif dan teknologi deteksi yang lebih memadai. Tak lupa transparansi informasi publik agar masyarakat tidak hanya menjadi pihak terdampak, tetapi juga subjek yang dilindungi dan dilibatkan

Pemerintah dan instansi terkait perlu melakukan pengawasan secara berkala sesuai dengan UUPPLH secara konsistensi menerapkan prinsip *polluter pays* kepada pencemar. Pemerintah melalui KLH dan BAPETEN perlu mengeluarkan peraturan pemerintah berupa teknis atau pedoman cepat untuk penanganan limbah yang mengandung zat radioaktif selain itu mendesak otoritas seperti BPOM untuk menerbitkan regulasi mengenai standar nasional seperti 1.000 Bq/kg untuk produk laut dengan mengadopsi standar internasional. Diadakannya program edukasi masif terhadap pekerja maupun masyarakat sekitar tentang risiko radiasi maupun dampak berbahaya dari limbah beracun terhadap lingkungan dan kesehatan sebagai bentuk pengawasan preventif dan laporan dini.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

Peter Mahmud Marzuki, *Penelitian hukum: Edisi revisi, Cetakan Ketiga Belas*, (Jakarta: Kencana, 2017).

Jurnal

Aditya Putu Wijaya dkk., “Penegakan Hukum Lingkungan Dalam Aspek Hukum Administrasi: Studi Kasus Pencemaran Limbah Paracetamol Di Jakarta,” *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora* 2, no. 3 (2025).

Aditia Syaprillah, “Penegakan Hukum Administrasi Lingkungan Melalui Instrumen Pengawasan,” *Bina Hukum Lingkungan* 1, no. 1 (2016): 99–113, <https://doi.org/10.24970/jbhl.v1n1.8>.

Agung Rammando et al., “Efektivitas Penerapan Sanksi Administratif Lingkungan Di Indonesia,” *Jurnal Ilmu Hukum, Sosial, dan Humaniora* 2 (11) (2024): Hal. 776–86.

Aisya Nursabrina dkk., “Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri Di Indonesia Dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur,” *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung* 13, no. 1 (2021): 80–90, <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v13i1.1841>.

Aprilia Mawaddah dkk., “Analisis Hukum Terhadap Rencana Pembuangan Limbah Nuklir ke Laut Pasca Terjadinya Gempa Bumi dan Tsunami di Jepang,” *Birokrasi: JURNAL ILMU HUKUM DAN TATA NEGARA* 1, no. 2 (2023): 92–103, <https://doi.org/10.55606/birokrasi.v1i2.491>.

Collin Adi Pratama dkk., “Instrumen hukum administrasi lingkungan diterapkan secara berkala untuk mencegah, mengendalikan, dan memulihkan dampak yang diakibatkan oleh kontaminasi limbah B3 termasuk yang mengandung radioaktif,” *LITRA: Jurnal Hukum Lingkungan, Tata Ruang, dan Agraria* 3, no. 1 (2023): 56–70, <https://doi.org/10.23920/litra.v3i1.1496>.

Eka Aprilia Rustamaji dan Dya Qurotul A’yun, “Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Akibat Pembuangan Limbah Industri MSG,” *SEARCH: Science Education Research Journal* 2, no. 2 (2024): 95–101, <https://doi.org/10.47945/search.v2i2.1435>.

Eko Yudho Pramono dan Waringin Margi Yusmaman, “Dampak Limbah Radioaktif Terhadap Lingkungan dan Upaya Mitigasi Risikonya,” *Prosiding*

Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI 6, no. 1 (2025), <https://doi.org/10.31315/psb.v6i1.14471>.

Ellisha Putri dkk., *Kontribusi Masyarakat terhadap Penegakan Hukum Lingkungan Berdasarkan UU No. 32 Tahun 2009*, no. 32 (2009).

Hajriyanti Nuraini, “Analisis Mengenai Keputusan Pemerintah Jepang Dalam Pembuangan Air Radioaktif Fukushima Terhadap Hukum Lingkungan Internasional: The Analysis of Japan’s Decisions to Discharge Fukushima Radioactive Waste Water Under International Environmental Law,” *LITRA: Jurnal Hukum Lingkungan, Tata Ruang, dan Agraria* 1, no. 2 (2022): 265–76, <https://doi.org/10.23920/litra.v1i2.775>.

Lismanto Lismanto dan Yos Johan Utama, “Membumikan Instrumen Hukum Administrasi Negara Sebagai Alat Mewujudkan Kesejahteraan Sosial dalam Perspektif Negara Demokrasi,” *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia* 2, no. 3 (2020): 416–33, <https://doi.org/10.14710/jphi.v2i3.416-433>.

Mazaya Azka Qinthar Haryono dan Imam Mulyana, “Perkembangan Prinsip Strict Liability dan Polluter Pays dalam Hukum Lingkungan Internasional Mengenai Kecelakaan dan Pencemaran dari Kapal Selam Nuklir,” *Bina Hukum Lingkungan* 9, no. 2 (2025): 159–80, <https://doi.org/10.24970/bhl.v9i2.402>.

Putri Nadia Berliana dkk., “Kajian Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) PT. X,” *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi* 2, no. 2 (2023): 400–408, <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i2.1280>.

Robertus Andrianto & Damiana, “Kronologi AS Temukan Kontaminasi Cs-137 di Udang dan Cengkih Indonesia,” *CNBC Indonesia*, 2 Oktober 2025, diakses pada 17 Oktober 2025 <https://www.cnbcindonesia.com/news/20251002130023-4-672248/kronologi-as-temukan-kontaminasi-cs-137-di-udang-dan-cengkih-indonesia>.

Samhan Nafi’ BS, “Penegakan Hukum Administrasi Dalam Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup di Indonesia,” *UNES Law Review* 6, no. 4 (2024): Hal. 10099–10115, <https://doi.org/10.31933/unesrev.v6i4>.

Upik Sarjiati, “Risiko Nuklir Dan Respon Publik Terhadap Bencana Nuklir Fukushima Di Jepang,” *Jurnal Kajian Wilayah* 9, no. 1 (2018): 46, <https://doi.org/10.14203/jkw.v9i1.785>.

Wicipto Setiadi, *Sanksi Administratif Sebagai Salah Satu Instrumen Penegakan Hukum Dalam Peraturan Perundang-Undangan*, 6, no. 4 (2009).

Wei Gong, "International Law Obligations for the Disposal of Fukushima Nuclear-Contaminated Water under the Principles of Nuclear Safety," *Chinese Journal of Population, Resources and Environment* 22, no. 1 (2024): 10–19, <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2024.03.002>.

Peraturan Perundang-undangan

Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup sebagaimana telah diubah sebagian dengan Undang-undang 6 Tahun 2023 tentang Cipta Kerja

Peraturan Pemerintah No.61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Internet

Encyclopædia Britannica Editors, "Windscale fire," *Encyclopædia Britannica*, 30 Juli 2025, diakses Pada 28 Januari 2026, <https://www.britannica.com/event/Windscale-fire>.

Robertus Andrianto & Damiana, "Kronologi AS Temukan Kontaminasi Cs-137 di Udang dan Cengkih Indonesia," *CNBC Indonesia*, 2 Oktober 2025, diakses pada 17 Oktober 2025 <https://www.cnbcindonesia.com/news/20251002130023-4-672248/kronologi-as-temukan-kontaminasi-cs-137-di-udang-dan-cengkih-indonesia>.

Yulia Suryanti, "Atas Arahan Menteri, KLH/BPLH Segel PT PMT: Jamin Mutu Udang Aman, Lingkungan dan Konsumen Terlindungi," *Kementerian Lingkungan Hidup*, 15 September 2025, diakses pada 16 Oktober 2025, <https://kemenlh.go.id/news/detail/atas-arahan-menteri-klhbplh-segel-pt-pmt-jamin-mutu-udang-aman-lingkungan-dan-konsumen-terlindungi>.

Yulia Suryanti, "Menteri LH Tetapkan Kawasan Industri Modern Cikande sebagai Kejadian Khusus Cemaran Radiasi *Cesium-137*," *Kementerian Lingkungan Hidup*, 30 September 2025, diakses pada 17 Oktober 2025, <https://kemenlh.go.id/news/detail/atas-arahan-menteri-klhbplh-segel-pt-pmt-jamin-mutu-udang-aman-lingkungan-dan-konsumen-terlindungi>.