

Pencurian dan Perdagangan Ilegal Bahan Nuklir: Harmonisasi Rezim Keamanan Nuklir Internasional dalam Pembaharuan Hukum Ketenaganukliran Indonesia

Gumilang Fuadi¹, Windy Virdinia Putri²

¹ Biro Hukum dan Kerja Sama, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia

² Hukum Program Magister Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

Korespondensi: gumi001@brin.go.id

Informasi Artikel

Riwayat artikel:

Received Aug 16th, 2026

Revised Sept 4th, 2026

Accepted Sept 14th, 2026

Keyword:

Bahan nuklir; Harmonisasi hukum; Hukum ketenaganukliran; Keamanan nuklir; Perdagangan ilegal.

ABSTRAK

Pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir untuk penggunaan jahat dan terorisme merupakan persoalan keamanan nuklir nasional dan internasional. Penelitian ini mengkaji penanganan pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir dalam rezim keamanan nuklir internasional serta pengaturannya di Indonesia. Penelitian menggunakan metode hukum normatif-doktrinal melalui pendekatan perundang-undangan dan konseptual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencegahan dan penanganan pencurian serta perdagangan ilegal bahan nuklir telah diatur dalam berbagai instrumen internasional yang saling berkaitan. Pengaturan tersebut mencakup proteksi fisik, pengendalian ekspor dan impor, serta pencegahan terorisme nuklir. Pencurian dan perdagangan ilegal dapat terjadi ketika langkah perlindungan fisik gagal diterapkan. Keamanan nuklir merupakan salah satu pilar hukum nuklir bersama keselamatan, pengawasan bahan nuklir, dan pertanggungjawaban. Di Indonesia, Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran telah menjadi dasar hukum pemanfaatan tenaga nuklir, tetapi belum mengatur keamanan nuklir secara komprehensif. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pembaharuan hukum ketenaganukliran diperlukan untuk mengakomodasi pencegahan, deteksi, dan penanganan pencurian serta perdagangan ilegal bahan nuklir sesuai dengan rezim keamanan nuklir internasional.



© 2026 The Authors. Published by Punggawa Legacy Center. This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

PENDAHULUAN

Salah satu tantangan yang dihadapi negara adalah arus global perdagangan ilegal komoditas yang begitu besar, beragam, dan cepat, sehingga negara merasa sulit untuk mengatur atau menghambatnya (Albanese, 2019). Efek utama dari kejahatan global dapat dilihat salah satunya pada fenomena seperti perdagangan bahan nuklir (Khiyavi & Shamloo, 2018). Pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir dan sumber radioaktif untuk penggunaan jahat dan terorisme nuklir merupakan perhatian prioritas tinggi untuk keamanan nuklir di dalam negeri dan internasional (Ghimire & Waller, 2020). Penanggulangan perdagangan ilegal nuklir dan bahan radioaktif merupakan salah satu arah yang diprioritaskan dalam pemberantasan terorisme nuklir dan radiologis. Hal ini dibuktikan dengan fakta bahwa para pemimpin dari 53 negara dan empat organisasi internasional besar pada Konferensi Tingkat Tinggi Keamanan Nuklir Seoul 2012 sepakat untuk menempatkan pemberantasan perdagangan ilegal dalam daftar bidang penting yang kemajuannya harus segera dicapai untuk memajukan tujuan keamanan nuklir global (Kondratov, 2019).

International Atomic Energy Agency (IAEA) merilis data tentang perdagangan ilegal nuklir dan bahan radioaktif lainnya pada tahun 2022 sebanyak 146 (seratus empat puluh enam) insiden kegiatan ilegal atau tidak sah yang melibatkan nuklir dan bahan radioaktif lainnya. Di samping itu, sejak tahun

1993 sebanyak 4.075 (empat ribu tujuh puluh lima) kasus telah dicatat di IAEA *Incident and Trafficking Database* (ITDB). 344 (tiga ratus empat puluh empat) dari kasus tersebut terkait dengan perdagangan atau penggunaan jahat (International Atomic Energy Agency, 2023). Beberapa saat yang lalu, di tengah eskalasi konflik akibat invasi Rusia ke Ukraina, terjadi insiden pencurian material nuklir dari laboratorium yang berlokasi di sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) Chernobyl. Beberapa bahan radioaktif yang hilang tersebut dikhawatirkan memiliki potensi untuk diproduksi menjadi peledak berskala kecil untuk tindakan terorisme (CNN Indonesia, 2022). Di Indonesia sendiri, pernah terjadi peristiwa dicurinya sumber radioaktif milik PT Krakatau Steel beberapa tahun yang lalu (Sanyoto, 2012). Dalam kasus di PT Krakatau Steel, sebanyak 3 unit sumber zat radioaktif *Cobalt-60* berhasil ditemukan, sementara 22 unit sisanya masih belum teridentifikasi keberadaannya. Ketidakpastian mengenai waktu terjadinya kehilangan menjadi kendala utama dalam proses pelacakan sisa sumber tersebut (Jumpeno, 2005). Luasnya wilayah geografis Indonesia yang bersifat kepulauan memicu kerentanan terhadap lalu lintas serta pengangkutan zat radioaktif dan bahan nuklir secara terlarang. Kondisi ini berpotensi dimanfaatkan oleh pihak-pihak tertentu hingga menimbulkan ancaman nyata bagi keamanan nasional (Anggalaksana, 2022). Selain itu, adanya indikasi relasi antara aktor terorisme lokal dengan jaringan internasional yang memiliki rekam jejak aksi pemboman menimbulkan ancaman kejahatan baru. Kekhawatiran utama tertuju pada potensi sabotase atau penyalahgunaan material radioaktif, bahan nuklir, serta fasilitas dan instalasinya oleh kelompok teroris (Nugraheni, 2016).

Pencurian dan perdagangan ilegal nuklir telah dikaji oleh banyak peneliti, diantaranya: Sergiy Kondratov yang mengkaji beberapa mitos yang mengakar tentang perdagangan ilegal nuklir dan bahan radioaktif lainnya serta hal yang terkait dengannya seperti ancaman proliferasi senjata nuklir serta terorisme nuklir dan radiologis dalam hal kurangnya keandalan dan akurasi data dan informasi tentang perdagangan ilegal. Untuk meningkatkan upaya analitis langkah yang dilakukan yaitu melalui penyempurnaan prosedur pelaporan data dan pengolahannya untuk menghindari pengaruh inovasi yang tidak wajar terhadap pola perdagangan ilegal global; memperkuat fungsi analitis dari bagian yang relevan; mengembangkan kriteria untuk evaluasi sebagai upaya pemerintah nasional dalam menangkal perdagangan ilegal (Kondratov, 2019). Selanjutnya, Nikiforenko Volodymyr mendapati bahwa perlunya meningkatkan peraturan hukum yang mengatur perdagangan ilegal bahan dan benda sumber radioaktif berbahaya yang dapat melintasi perbatasan negara, mengingat konsekuensi ekonomi dan sosial yang negatif terhadap orang, masyarakat, negara dan komunitas internasional. Ada kebutuhan mendesak untuk pengaturan yang jelas mengenai bahan dan benda radiasi untuk mencegah pergerakannya melintasi perbatasan negara tanpa mendapatkan izin khusus. Penelitian ini memberikan rekomendasi dengan mempertimbangkan kebutuhan untuk mengurangi pengeluaran anggaran badan perbatasan yaitu negara perlu menentukan tujuan program untuk memperbarui peralatan negara di titik-titik lintas batas negara dengan alat modern untuk mendeteksi sumber radiasi (Volodymyr, 2021). Kemudian Mathilde le Moal mendapati bahwa kelompok-kelompok yang terlibat dalam perdagangan nuklir diatur secara berbeda di berbagai tahapan aktivitas. Sementara beberapa simpul aktor pelaku agak cair dan longgar, aktor pelaku yang lain stabil, dan terletak di inti proses perdagangan nuklir, perencanaan dan pengarahan operasinya. Kelompok pelaku inti ini memiliki modal sosial yang luas, yang memungkinkan mereka merekrut jaringan peserta yang dapat diganti untuk menjalin hubungan dengan pihak luar seperti; pengedar narkoba lokal, pejabat tingkat tinggi, kelompok perdagangan lainnya, dan untuk mencari pembeli bahan nuklir dalam perdagangan ilegal. Pada gilirannya, penelitian ini menyimpulkan bahwa struktur organisasi perdagangan nuklir dapat dibingkai sebagai jaringan terarah (Le Moal, 2020).

Penelitian ini melengkapi penelitian-penelitian sebelumnya yang belum mengkaji pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir dalam kaitannya dengan rezim keamanan nuklir dalam hukum nuklir dan pengaturannya di Indonesia. Perdagangan ilegal zat radioaktif didefinisikan secara luas sebagai setiap perbuatan yang berkaitan dengan kepemilikan, pemanfaatan, distribusi, atau pembuangan material nuklir tanpa izin yang sah. Kualifikasi perbuatan ini berlaku baik yang dilakukan secara sengaja maupun karena kelalaian, serta mencakup transaksi domestik maupun transnasional (Stoiber et al., 2003). Perdagangan ilegal bahan nuklir umumnya merupakan implikasi langsung dari kegagalan sistem proteksi fisik dalam skema keamanan ketenaganukliran (Nugraheni, 2016). Rezim keamanan nuklir bertujuan untuk melakukan pencegahan, pendeteksian, dan penanggulangan terhadap potensi gangguan keamanan, khususnya perdagangan terlarang bahan nuklir maupun ancaman terorisme nuklir

(Fedchenko, 2014). Arsitektur keamanan nuklir untuk mencegah perdagangan ilegal harus didasarkan pada kerangka hukum dan peraturan Negara yang harus sesuai dengan instrumen internasional yang relevan dan praktik terbaik (Matikas, 2014).

Keamanan nuklir merupakan salah satu pilar dari hukum nuklir. Empat pilar esensial hukum nuklir yang mencakup keselamatan, keamanan, *safeguards*, serta ganti kerugian/tanggung jawab hukum menjadi fondasi yang mengintervensi seluruh sektor ketenaganukliran. Empat pilar tersebut membahas bagaimana kita menangani nuklir dan bahan radioaktif lainnya, apakah itu di laboratorium universitas di Paris atau di kapal kontainer yang menuju reaktor riset di Nigeria (Grossi, 2022). Hukum nuklir merupakan alat yang ampuh untuk mengatur perkembangannya dan menanggapi risiko dan tantangan tersebut (Ge, 2022). Di Indonesia, ketenaganukliran telah diatur dalam hukum positif melalui Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran (Pemerintah Republik Indonesia, 1997). Meskipun demikian, aspek keamanan nuklir yang mencakup upaya pencegahan, pendeteksian, serta penanggulangan atas pembuatan senjata nuklir, *dirty bomb*, perdagangan gelap dan pemindahtanganan materi radioaktif secara melawan hukum, hingga terorisme nuklir masih belum terakomodasi secara komprehensif dalam regulasi tersebut (Poernomo et al., 2013).

Hal tersebut menjadi problem akademik yang menarik untuk dikaji yaitu bagaimana penanganan pencurian dan perdagangan ilegal nuklir menurut rezim keamanan nuklir yang mencakup analisis terhadap: tujuan dan ruang lingkup keamanan nuklir berdasarkan instrumen internasional, upaya pengaturan penanganan dan pencegahan pencurian dan perdagangan ilegal nuklir menurut rezim keamanan nuklir internasional yang kemudian dijadikan landasan untuk menganalisis pengaturannya saat ini dalam hukum positif Indonesia.

METODE PENELITIAN

Kajian ini berbasis penelitian hukum normatif-doktrinal yang dilakukan melalui pendekatan perundang-undangan (*statute approach*) dan pendekatan konseptual (*conceptual approach*) (Marzuki, 2005). Klasifikasi bahan hukum dalam penelitian ini terdiri atas bahan hukum primer dan sekunder. Bahan hukum primer meliputi instrumen perundang-undangan dan konvensi internasional terkait, sedangkan bahan hukum sekunder mencakup pandangan para ahli yang dihimpun dari literatur, artikel jurnal, prosiding, maupun hasil penelitian terdahulu. Melalui studi pustaka, bahan hukum primer dan sekunder diinventarisasi, diklasifikasikan, lalu dianalisis secara preskriptif. Hasil analisis tersebut membentuk konstruksi argumentasi hukum untuk memberikan penilaian (*legal assessment*) dan rekomendasi konkrit terhadap permasalahan yang dikaji (Fajar ND & Yulianto, 2007)..

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rezim Hukum Internasional Keamanan Nuklir dalam Penanggulangan Pencurian dan Perdagangan ilegal Bahan Nuklir

Potensi yang sangat besar dari tenaga nuklir dapat diibaratkan sebagai "pedang bermata dua" yang dapat membawa banyak manfaat bagi umat manusia, tetapi pemanfaatannya juga dapat memberikan risiko besar yang berdampak pada manusia, makhluk hidup, dan lingkungan (Fuadi & Ichsan, 2022). Sama seperti bahan dan teknologi nuklir tertentu yang menimbulkan risiko kesehatan dan keselamatan jika dialihkan untuk tujuan yang tidak damai (Stoiber et al., 2003). Akuisisi bahan nuklir atau sumber radioaktif oleh kelompok teroris atau kriminal dapat menyebabkan produksi perangkat dispersi radiasi, yang akan digunakan untuk melakukan tindakan jahat (Stoiber et al., 2003). Serangan 11 September 2001 di AS jelas menunjukkan bahwa kelompok teroris siap menggunakan cara yang paling keras dan sembarangan untuk mengejar tujuan mereka. Sejak serangan di New York dan Washington, serangkaian pengeboman teroris terus meningkatkan kekhawatiran tersebut. Meskipun sejauh ini tindakan tersebut tidak melibatkan nuklir atau bahan radioaktif lainnya, tindakan tersebut penting untuk mencapai penilaian yang akurat terhadap ancaman global (International Atomic Energy Agency, 2007).

Akuisisi bahan nuklir atau sumber radioaktif oleh kelompok teroris atau kriminal dapat terjadi salah satunya disebabkan melalui pencurian dan/atau perdagangan ilegal bahan nuklir atau sumber radioaktif. Pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir dan sumber radioaktif merupakan salah satu aspek perhatian dalam keamanan nuklir. Aspek keamanan nuklir terdiri dari *safeguards*, proteksi fisik termasuk keamanan sumber radioaktif, perdagangan ilegal (*illicit trafficking*), pengendalian ekspor dan impor, serta terorisme (Nugraheni, 2016). Keamanan nuklir yang efektif memerlukan urutan multi-

proses yang bertujuan untuk mencegah, mendeteksi, dan merespons pencurian, sabotase, akses tidak sah, transfer ilegal, atau tindakan jahat lainnya yang melibatkan bahan nuklir, sumber radioaktif, dan fasilitas terkaitnya (Abbani & Arrehebi, 2018). Perdagangan ilegal dapat muncul ketika langkah-langkah perlindungan fisik telah gagal. *General Conferences* IAEA telah mengadopsi sebuah resolusi yang meminta Negara-negara Anggota IAEA mengambil semua tindakan yang diperlukan untuk mencegah perdagangan ilegal bahan nuklir. Dalam hal ini, koordinasi di tingkat nasional dan internasional serta penyediaan informasi yang tepat diidentifikasi sebagai elemen kunci dalam memerangi perdagangan ilegal. Negara diharuskan menjadikan kepemilikan bahan nuklir yang tidak sah sebagai pelanggaran yang dapat dihukum berdasarkan hukum nasional. Penegakan hukum yang relevan dapat membantu mencegah perdagangan ilegal. Namun, negara-negara harus melangkah lebih jauh dan memberi wewenang kepada otoritas yang bertanggung jawab untuk segera berbagi dengan negara dan dengan badan-badan internasional (Stoiber et al., 2003).

Selama dekade terakhir, ancaman teroris dan tindakan jahat lainnya yang melibatkan potensi penggunaan nuklir atau bahan radioaktif lainnya telah meningkat. Hal ini telah menyebabkan upaya internasional untuk membangun kerangka keamanan nuklir (Stoiber et al., 2010). Keamanan nuklir, seperti komponen bidang nuklir lainnya, menyatukan beberapa alat (mengikat secara hukum atau tidak), baik di tingkat internasional maupun nasional. Di tingkat internasional, masing-masing komponen yang berbeda ini menanggapi logika tertentu dan bertujuan untuk mencapai tujuan yang lebih luas terkait dengan keamanan, atau bahkan bidang lain yang terkait erat dengan keamanan nuklir. Oleh karena itu, penting bagi suatu Negara untuk dapat mengetahui dan memahami keterkaitan penting ini untuk mengadopsi kebijakan yang memenuhi kebutuhan dan harapan nasional, sambil menanggapi berbagai keprihatinan internasional (Gaucher et al., 2022). Setiap negara mengemban tanggung jawab penuh atas keamanan nuklir, mencakup perlindungan terhadap penggunaan, penyimpanan, dan pengangkutan bahan nuklir serta zat radioaktif, termasuk pengamanan fasilitasnya. Tanggung jawab ini juga meliputi penindakan atas lalu lintas terlarang dan perbuatan melawan hukum di bidang ketenaganukliran. Secara mendasar, rezim keamanan nuklir ditujukan untuk:

Mencegah penyalahgunaan tenaga nuklir untuk kepentingan nondamai; Mencegah, mendeteksi, dan menindak kejahatan di bidang keamanan nuklir; Meminimalisasi risiko serta memitigasi dampak radiologis bagi masyarakat dan lingkungan akibat kejahatan nuklir; dan Memberikan kepastian hukum guna mendukung penguasaan teknologi serta pemanfaatan materi nuklir dan zat radioaktif bagi tujuan damai. (Nugraheni, 2016)

Mengingat beragamnya aspek masalah perdagangan nuklir ilegal, tidak ada satu pun instrumen internasional yang mencakup semua ketentuan yang relevan dengan masalah ini. Secara khusus, perhatian akan difokuskan pada perjanjian multilateral di bidang nuklir yang dirundingkan di bawah perlindungan IAEA atau yang berkaitan dengan tanggung jawab IAEA. Namun, instrumen internasional lainnya juga memberikan dukungan penting bagi kerangka kerja internasional. Instrumen multilateral berikut, yang berisi ketentuan yang berlaku untuk perdagangan bahan nuklir dan/atau radioaktif, (International Atomic Energy Agency, 2007) antara lain sebagai berikut: 1. *Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*; (International Atomic Energy Agency, 1968) *Regional nuclear non-proliferation and arms control treaties*; *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material* (CPPNM) (International Atomic Energy Agency, 1980), termasuk amandemen pada tahun 2005; (International Atomic Energy Agency, 2005) *The International Convention for the Suppression of Terrorist Bombings (hereinafter the Terrorist Bombings Convention)*; (United Nations, 2001a) *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident*; (International Atomic Energy Agency, 1986b) *Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*; (International Atomic Energy Agency, 1986a) *United Nations Security Council resolution 1540*; (United Nations, 2004) *United Nations Security Council resolution 1373*; (United Nations, 2001b) *Convention on Suppression of Acts of Nuclear Terrorism*; (United Nations, n.d.) *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources*; (International Atomic Energy Agency, 2004) *Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources* (International Atomic Energy Agency, 2012).

Upaya keamanan nuklir berfokus pada pencegahan, pendeteksian, dan penanggulangan atas tindak pidana maupun perbuatan disengaja yang melibatkan material radioaktif, serta tindakan sabotase terhadap fasilitas, instalasi, dan moda pengangkutan zat radioaktif (Nugraheni, 2016). Instrumen hukum terpenting yaitu CPPNM (Stoiber et al., 2010). CPPNM berfokus terutama pada pengiriman bahan nuklir dalam perdagangan internasional, tetapi juga berisi persyaratan penting lainnya yang terkait

dengan tindakan keamanan fisik domestik. Singkatnya, CPPNM mewajibkan Para Pihak untuk: 1. Membuat pengaturan perlindungan fisik tertentu dan memastikan tingkat perlindungan fisik tertentu yang ditetapkan untuk pengiriman bahan nuklir internasional; 2. Bekerja sama dalam pemulihan dan perlindungan selanjutnya atas bahan nuklir yang dicuri; 3. Melakukan tindakan tertentu (misalnya pencurian bahan nuklir dan ancaman atau upaya untuk menggunakan bahan nuklir untuk merugikan masyarakat) sebagai pelanggaran yang dapat dihukum berdasarkan hukum nasional; 4. Menuntut atau mengekstradisi mereka yang dituduh melakukan tindakan tersebut (International Atomic Energy Agency, 1980).

Tujuan perlindungan fisik yaitu membangun dan memelihara kondisi untuk: 1. Melindungi terhadap pemindahan bahan nuklir yang tidak sah dalam penggunaan dan penyimpanan, dan selama pengangkutan; 2. Menjamin penerapan langkah-langkah yang cepat dan menyeluruh oleh Negara untuk menemukan dan mendapatkan kembali bahan nuklir yang hilang atau dicuri; 3. Melindungi dari sabotase fasilitas nuklir dan sabotase bahan nuklir dalam penggunaan dan penyimpanan, dan selama pengangkutan; 4. Mengurangi atau meminimalkan konsekuensi radiologis dari sabotase (International Conference et al., 2001).

Prinsip dasar perlindungan fisik harus diperhatikan sebagai dasar untuk mencapai tujuan perlindungan fisik. Prinsip dasar tersebut adalah: (a) Tanggung jawab Negara; (b) Tanggung jawab selama pengangkutan internasional; (c) Kerangka legislatif dan peraturan; (d) Otoritas yang kompeten; (e) Tanggung jawab pemegang izin; (f) Budaya keamanan; (g) Ancaman; (h) Pendekatan generik; (i) Pertahanan secara mendalam; (j) Jaminan kualitas; (k) Rencana darurat; (l) Kerahasiaan (International Atomic Energy Agency, 2005).

Kontrol ekspor dan impor juga memainkan peran sentral dalam mencegah perolehan tidak sah atas bahan dan informasi berlisensi. undang-undang pengawasan ekspor dan impor suatu Negara harus memberi wewenang kepada lembaga dan pejabat pemerintah yang relevan untuk memberikan informasi yang relevan ke Database Perdagangan ilegal IAEA untuk tujuan membantu masyarakat internasional mencegah transfer tidak sah atas bahan dan teknologi yang berpotensi berbahaya (Stoiber et al., 2003). *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources* (International Atomic Energy Agency, 2004) dan *Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources* (International Atomic Energy Agency, 2012) juga memberikan rekomendasi ekspor dan impor bahan radioaktif. Secara khusus, Kode merekomendasikan bahwa setiap Negara yang terlibat dalam impor atau ekspor sumber radioaktif harus mengambil langkah-langkah yang tepat untuk memastikan bahwa transfer dilakukan dengan cara yang sesuai dengan ketentuan Kode. Selanjutnya mensyaratkan bahwa pemindahan sumber radioaktif dalam kategori 1 dan 2 IAEA hanya dapat dilakukan dengan pemberitahuan sebelumnya oleh negara pengekspor dan, jika perlu, persetujuan oleh Negara pengimpor sesuai dengan undang-undang dan peraturan masing-masing Negara. Selain itu, merekomendasikan agar setiap Negara mengizinkan masuknya kembali sumber radioaktif bekas ke dalam wilayahnya jika, dalam kerangka hukum nasional negara tersebut telah menerima bahwa sumber tersebut dikembalikan ke produsen yang berwenang untuk mengelola sumber bekas tersebut (International Atomic Energy Agency, 2007).

Berdasarkan uraian tersebut, maka berdasarkan rezim keamanan nuklir internasional sebagai upaya penanganan dan pencegahan pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir dan sumber radioaktif, perlu mencerminkan sejumlah elemen dasar, diantaranya: 1. Rezim proteksi fisik untuk nuklir dan bahan radioaktif lainnya serta fasilitas terkait; 2. Ketentuan mengenai tindakan otorisasi (perizinan), inspeksi dan penegakan yang relevan dengan bahan nuklir dan fasilitas nuklir (dan bahan radioaktif lainnya); 3. Langkah-langkah untuk pencegahan dan pendeteksian, dan tanggapan terhadap, insiden pencurian atau perolehan lain yang tidak sah atau perdagangan ilegal bahan nuklir dan bahan radioaktif lainnya atau sabotase fasilitas terkait; 4. Tindak pidana atas pelanggaran hukum dan peraturan yang berlaku, dengan hukuman yang berat, terutama untuk perbuatan jahat; 5. Pengaturan nasional yang diperlukan untuk melaksanakan kerja sama internasional dalam melindungi bahan radioaktif, memperoleh kembali bahan yang dicuri atau hilang dan menangani pelanggaran (Stoiber et al., 2010).

2. Pengaturan Pencurian dan Perdagangan Ilegal Bahan Nuklir serta Arah Pembaharuan Hukum Ketenaganukliran Indonesia

Ketenaganukliran di Indonesia diatur melalui Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran (Pemerintah Republik Indonesia, 1997) (UUK). Undang-Undang ini dibentuk untuk menggantikan Undang-Undang Nomor 31 Tahun 1964 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Tenaga Atom (UUPA). Saat diundangkan, UUPA berfungsi sebagai landasan yuridis awal pemanfaatan tenaga

atom di Indonesia. Namun, pengadopsian kerangka *US Atomic Energy Act 1954* sebagai acuan pembentukannya mengakibatkan UUPA sangat dipengaruhi oleh konstelasi politik global era tersebut, yang menitikberatkan pada pengembangan senjata nuklir serta kerahasiaan informasi (Poernomo et al., 2013). Salah satu pertimbangan filosofis diundangkannya Undang-Undang Ketenaganukliran (UUK) adalah jaminan atas keselamatan, keamanan, ketenteraman, serta kesehatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup. Oleh karena itu, pemanfaatan tenaga nuklir wajib dilaksanakan secara hati-hati, terukur, serta semata-mata diorientasikan untuk tujuan damai demi sebesar-besarnya kesejahteraan rakyat (Pemerintah Republik Indonesia, 1997). Sistematika UUK memuat 10 (sepuluh) bab pokok, dimulai dari Ketentuan Umum (Bab I) dan Kelembagaan (Bab II), diikuti norma operasional mengenai Penelitian dan Pengembangan (Bab III), Pengusahaan (Bab IV), Pengawasan (Bab V), serta Pengelolaan Limbah Radioaktif (Bab VI). Selain itu, diatur pula aspek Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir (Bab VII) dan Ketentuan Pidana (Bab VIII), yang diakhiri dengan Ketentuan Peralihan (Bab IX) dan Ketentuan Penutup (Bab X) (Pemerintah Republik Indonesia, 1997).

Sebagai kepatuhan terhadap rezim hukum internasional, terkait beberapa instrumen hukum internasional terkait keamanan nuklir lebih khusus mengenai pencegahan pencurian dan perdagangan ilegal nuklir, Indonesia telah meratifikasi instrumen hukum tersebut diantaranya: 1. Ratifikasi NPT melalui Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1978 tentang Pengesahan Perjanjian mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata Nuklir, (Pemerintah Republik Indonesia, 1978) kemudian diikuti dengan *Bilateral Safeguards Agreement* antara IAEA dan Indonesia, dan selanjutnya dengan protocol tambahannya; 2. Ratifikasi CPPNM melalui Keputusan Presiden Nomor 49 Tahun 1986 tentang Pengesahan *Convention on The Physical Protection of Nuclear Material*; (Pemerintah Republik Indonesia, 1986) 3. Ratifikasi *Amendment CPPNM* melalui Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2009 tentang Pengesahan *Amandement To The Convention On The Physical Protection Of Nuclear Material* (Perubahan Konvensi Proteksi Fisik Bahan Nuklir); (Pemerintah Republik Indonesia, 2009) 4. Ratifikasi *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident* melalui Keputusan Presiden Nomor 81 Tahun 1993 tentang Pengesahan *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident*; (Pemerintah Republik Indonesia, 1993b) 5. Ratifikasi *Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency* melalui Keputusan Presiden Nomor 82 Tahun 1993 tentang Pengesahan *Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*; (Pemerintah Republik Indonesia, 1993a) 6. Ratifikasi *The International Convention for the Suppression of Terrorist Bombings* melalui Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Pengesahan *International Convention for the Suppression of Terrorist Bombings*; (Pemerintah Republik Indonesia, 2006) 7. Ratifikasi *Convention on Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* melalui Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2014 tentang *Pengesahan Convention on Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* (Pemerintah Republik Indonesia, 2014).

Ratifikasi terhadap instrumen internasional tersebut berarti bentuk pengikatan diri negara Indonesia terhadap instrumen tersebut dan menimbulkan hak dan kewajiban dibidang hukum publik (Pemerintah Indonesia, 2000). Beberapa dari instrumen ini mengamanatkan pemberlakuan undang-undang nasional yang melarang kegiatan tidak sah tertentu yang melibatkan bahan atau fasilitas nuklir dan menyuarakan penetapan hukuman pidana yang keras untuk pelanggaran. Persyaratan umum lainnya dalam internasional ini instrumen untuk keamanan nuklir melibatkan kerja sama dan bantuan dalam menangani masalah keamanan, berbagi informasi yang relevan, dan melindungi informasi sensitif (Stoiber et al., 2010). Sebagai contoh, Pasal 7 ayat (1) Amandemen CPPNM merinci 11 (sebelas) kualifikasi perbuatan yang wajib dikriminalisasi dalam hukum pidana nasional Negara Pihak. Dua di antaranya meliputi tindak pidana pencurian atau perampokan bahan nuklir, serta penggelapan atau penipuan guna memperoleh materi nuklir (International Atomic Energy Agency, 2005).

UUK sebagai dasar hukum ketenaganukliran di Indonesia belum sepenuhnya mengatur mengenai keamanan nuklir termasuk mengenai pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir. Hal ini terlihat dalam pengaturannya hanya terdapat 1 Pasal yaitu dalam Pasal 16 yang mengatur mengenai keamanan pekerja dan anggota masyarakat yang wajib dipenuhi dalam pelaksanaan kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir (Pemerintah Republik Indonesia, 1997). Aspek keamanan nuklir justru belum terakomodasi secara komprehensif dalam regulasi saat ini, khususnya mengenai pencegahan, deteksi, dan penindakan atas kejahatan nuklir—seperti pembuatan senjata atau *dirty bomb*, penyanderaan materi radioaktif, penyelundupan bahan nuklir, maupun terorisme berbasis nuklir (Poernomo et al., 2013).

Selain itu, kualifikasi tindak pidana dalam Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 sebatas menjangkau pelanggaran atas rezim perizinan. Pengaturan tersebut hanya memuat sanksi pidana bagi kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir, petugas instalasi nuklir dan fasilitas radiasi, serta pengelolaan limbah radioaktif yang dilakukan tanpa izin (Nugraheni, 2016). tindak pidana ketenaganukliran, dalam UUK diatur dalam Bab VIII Ketentuan Pidana, Pasal 41 sampai dengan Pasal 44 (Pemerintah Republik Indonesia, 1997). Pasal 41 UUK mengatur ketentuan pidana bagi siapa yang membangun, mengoperasikan, atau melakukan dekomisioning reaktor nuklir tanpa izin (Pemerintah Republik Indonesia, 1997). Pasal 42 UUK mengatur ketentuan pidana bagi setiap petugas yang mengoperasikan reaktor nuklir dan petugas tertentu di dalam instalasi nuklir lainnya dan di dalam instalasi yang memanfaatkan sumber radiasi pengion yang tidak memiliki izin (Pemerintah Republik Indonesia, 1997). Pasal 43 UUK mengatur ketentuan pidana bagi siapa yang memanfaatkan nuklir tanpa izin (Pemerintah Republik Indonesia, 1997). Pasal 44 UUK mengatur ketentuan pidana bagi penghasil limbah radioaktif tinggi yang tidak menyimpan sementara limbah tersebut dalam waktu sekurang-kurangnya selama masa operasi reaktor nuklir (Pemerintah Republik Indonesia, 1997).

Sebagai upaya memperkuat rezim keamanan nuklir dan upaya menangani dan mencegah pencurian dan perdagangan ilegal nuklir maka ketentuan ketenaganukliran di Indonesia perlu mengakomodir sejumlah elemen dasar dalam kerangka legislasi keamanan nuklir (Stoiber et al., 2010). Hal ini mencakup Ketentuan model tentang keamanan nuklir, perlindungan fisik, dan perdagangan ilegal termasuk di dalamnya definisi, pengelompokan bahan nuklir dan Tindakan perlindungan yang diperlukan; Langkah-langkah untuk pencegahan dan pendeteksian, dan tanggapan terhadap, insiden pencurian atau perolehan lain yang tidak sah atau perdagangan ilegal bahan nuklir dan bahan radioaktif lainnya atau sabotase fasilitas terkait; Tindak pidana atas pelanggaran hukum dan peraturan yang berlaku, dengan hukuman yang berat, terutama untuk perbuatan jahat, tidak hanya mengatur pelanggaran terhadap masalah perizinan saja; pengaturan mengenai kerja sama internasional dalam melindungi bahan radioaktif, memperoleh kembali bahan yang dicuri atau hilang dan menangani pelanggaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan tinjauan yang dilakukan dapat diketahui sebagai berikut: Pertama upaya penanganan dan pencegahan pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir dalam rezim keamanan nuklir internasional telah diatur dalam berbagai instrumen hukum internasional yang memiliki keterkaitan satu sama lain. Pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir dan sumber radioaktif merupakan salah satu aspek perhatian dalam keamanan nuklir bersama dengan *safeguards*, proteksi fisik termasuk keamanan sumber radioaktif, pengendalian ekspor dan impor, serta terorisme. Pencurian dan perdagangan ilegal dapat muncul ketika langkah-langkah perlindungan fisik dalam keamanan nuklir telah gagal diterapkan. sebagai upaya penanganan dan pencegahan pencurian, perdagangan ilegal bahan nuklir dan sumber radioaktif, tindakan hukum yang diambil perlu mencerminkan sejumlah elemen dasar seperti langkah-langkah untuk pencegahan, pendeteksian, dan tanggapan terhadap insiden pencurian atau perolehan lain yang tidak sah/perdagangan ilegal bahan nuklir dan sumber radioaktif/sabotase fasilitas nuklir, dan pengaturan mengenai ketentuan pidana yang berat terutama untuk perbuatan jahat terkait keamanan nuklir termasuk di dalamnya pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir.

Kedua, Indonesia telah meratifikasi beberapa instrumen hukum internasional terkait keamanan nuklir. Indonesia juga telah memiliki dasar hukum pelaksanaan ketenaganukliran melalui UUK, akan tetapi belum sepenuhnya mengatur mengenai keamanan nuklir karena belum terdapat pengaturan yang terkait upaya pencegahan, deteksi dan respon terhadap pembuatan senjata nuklir, bom kotor, pemindahan secara tidak sah zat radioaktif dan bahan nuklir, perdagangan ilegal zat radioaktif dan bahan nuklir, serta terorisme nuklir. Tindak pidana yang diatur dalam UUK juga masih terbatas terhadap pelanggaran terhadap perizinan saja sehingga perlu dilakukan pembaharuan terhadap hukum ketenaganukliran di Indonesia yang memasukkan ketentuan mengenai keamanan nuklir dan perluasan jangkauan tindak pidana ketenaganukliran dengan memperhatikan berbagai instrumen hukum internasional yang ada dan kerja sama dengan negara lain sebagai salah satu upaya penanganan, pencegahan pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir.

Ketiga, penelitian ini terbatas pada pembahasan tentang tinjauan pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir dalam kerangka rezim keamanan nuklir dan hukum positif Indonesia. Perbedaan

dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada kajian dari sudut pandang tersebut di atas, sehingga terdapat kebaruan dalam sumbangan ilmu pengetahuan khususnya yang berkaitan dengan upaya penanganan dan pencegahan pencurian dan perdagangan ilegal bahan nuklir di Indonesia. Ke depan, kajian lanjutan secara lebih teknis diperlukan untuk merumuskan formulasi norma keamanan nuklir dan sanksi pidana spesifik dalam draf pembaharuan Undang-Undang Ketenaganukliran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbani, B., & Arrehebi, S. (2018). *Enhancing of detection and prevention measures of nuclear and radioactive materials in Libya*. In International Conference on Security of Radioactive Material The Way Forward for Prevention and Detection. International Atomic Energy Agency.
- Albanese, J. S. (2019). *Transnational organized crime*. International and Transnational Crime and Justice, 163–68. <https://doi.org/10.4324/9781315721460-15>
- Anggalaksana, B. (2022). Strategi penguatan sinergitas polri dengan kementerian lembaga guna meningkatkan keamanan Nuklir di Indonesia dalam rangka terpeliharanya stabilitas keamanan dalam negeri. *Jurnal Ilmu Kepolisian*, 16(2), 11. <https://doi.org/10.35879/jik.v16i2.354>
- CNN Indonesia. (2022). *Material Nuklir Chernobyl dicuri, ahli risau dijadikan bom untuk teror*. <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20220331083531-199-778246/material-nuklir-chernobyl-dicuri-ahli-risau-dijadikan-bom-untuk-teror>
- Fajar ND, M., & Yulianto, A. (2007). *Dualisme penelitian hukum normatif dan empiris*. Fakultas Hukum Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Fedchenko, V. (2014). The role of nuclear forensics in nuclear security. *Strategic Analysis*, 38(2), 230–47. <https://doi.org/10.1080/09700161.2014.884442>
- Fuadi, G., & Ichsan, M. (2022). Liability for nuclear damage: perspectives of international conventions, Indonesian positive law, and Islamic law. *Asy-Syir'ah: Jurnal Ilmu Syari'ah Dan Hukum*, 56(2).
- Gaucher, R., Languin, T., & Ducouso, E. (2022). *Building a nuclear security regime: questions to be asked*. In Nuclear Law The Global Debate. International Atomic Energy Agency.
- Ge, D. (2022). *Nuclear laws for peaceful uses of nuclear energy*. In Nuclear Law The Global Debate. ASSER Press.
- Ghimire, L., & Waller, E. (2020). The role of nuclear forensics for determining the origin of nuclear materials out of regulatory control and nuclear security. *International Journal of Nuclear Security*, 7(1). <https://doi.org/10.7290/ijns07xq5m>
- Grossi, R. M. (2022). *Nuclear law: the global debate*. In Nuclear Law The Global Debate. ASSER Press.
- International Atomic Energy Agency. (1968). *Treaty on the non-proliferation of nuclear weapons*. <https://doi.org/10.4324/9781315753393-46>
- International Atomic Energy Agency. (1980). *The convention on the physical protection of nuclear material*.
- International Atomic Energy Agency. (1986a). *Convention on assistance in the case of a nuclear accident or radiological emergency*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821319-3.00056-7>
- International Atomic Energy Agency. (1986b). *CONVENTION ON EARLY notification OF A nuclear accident convention ON assistance IN THE CASE OF A nuclear accident OR radiological emergency*.
- International Atomic Energy Agency. (2004). *Code of conduct on the safety and security of radioactive sources*.
- International Atomic Energy Agency. (2005). *Amendment to the convention on the physical protection of nuclear material*. <https://doi.org/10.2307/2200927>
- International Atomic Energy Agency. (2007). *Combating illicit trafficking in nuclear and other radioactive material*. IAEA Nuclear Security Series. http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/pub1309_web.pdf
- International Atomic Energy Agency. (2012). *Guidance on the import and export of radioactive sources*.
- International Atomic Energy Agency. (2023). *IAEA releases annual data on illicit trafficking of nuclear and other radioactive material*. <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-releases-annual-data-on-illicit-trafficking-of-nuclear-and-other-radioactive-material>

- International Conference, International Atomic, & Energy Agency. (2001). *Measures to prevent, intercept and respond to illicit uses of nuclear material and radioactive sources*. Atomic Energy.
- Jumpeño, B. Y. E. B. (2005). Upaya pencegahan terjadinya 'illicit trafficking' pada sumber radioaktif. *Buletin Alara*, 6(3), 157–62.
- Khiyavi, A. E., & Shamloo, B. (2018). The globalization of criminal law focuses on organized crime. *Amazonia Investiga*, 7(12), 215–25.
<https://www.amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/593>
- Kondratov, S. (2019). Illicit trafficking in nuclear and other radioactive materials: separating myths from realities. *International Journal of Nuclear Governance, Economy and Ecology*, 4(3), 180.
<https://doi.org/10.1504/ijngee.2019.100632>
- Le Moal, M. (2020). *The architecture of illicit nuclear trafficking*. Contemporary Challenges: The Global Crime, Justice and Security Journal 1, no. September, 43–58.
<https://doi.org/10.2218/ccj.v1.4942>
- Marzuki, P. M. (2005). *Penelitian hukum edisi revisi*. Revisi. Kencana.
- Matikas, T. E. (2014). *Legal and regulatory framework in the context of prevention of illicit trafficking*. IAEA. http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:45045530
- Nugraheni, M. W. (2016). *Pentingnya pengaturan mengenai keamanan Nuklir dalam suatu Undang-Undang*. Seminar Keselamatan Nuklir,, 1–7.
https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/50/022/50022717.pdf
- Pemerintah Indonesia. (2000). *Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2000 tentang perjanjian internasional (lembaran negara Republik Indonesia Tahun 2000 Nomor 185)*.
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/44991/uu-no-24-tahun-2000>
- Pemerintah Republik Indonesia. (1978). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 1978 tentang pengesahan perjanjian mengenai pencegahan penyebaran senjata-senjata Nuklir*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1986). *Keputusan Presiden Nomor 49 Tahun 1986 tentang pengesahan convention on the physical protection of nuclear material*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1993a). *Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 1993 tentang pengesahan convention on assistance in the case of A nuclear accident or radiological emergency*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1993b). *Keputusan Presiden Republik Indonesia tentang pengesahan convention on early notification of A nuclear accident*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1997). *Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang ketenaganukliran*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2006). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang pengesahan international convention for the suppression of terrorist bombings*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 46 Tahun 2009 tentang pengesahan amendment to the convention on the physical protection of nuclear material*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2014). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2014 tentang pengesahan convention on suppression of acts of nuclear terrorism*.
- Poernomo, M., et al. (2013). Analisis dan evaluasi peraturan perundang-undangan tentang ketenaganukliran. *Kemenkumham*, 1(1), 1–85.
- Sanyoto, A. (2012). *Strategi pengawasan sumber radioaktif orphan source*. In Seminar Keselamatan Nuklir, 282–90.
- Stoiber, C., Baer, A., Pelzer, N., & Tonhauser, W. (2003). *Handbook on nuclear law*. IAEA.
- Stoiber, C., Cherf, A., Tonhauser, W., & Carmona, M. de L. V. (2010). *Handbook on nuclear law implementing legislation*. International Atomic Energy Agency.
- United Nations. (2001a). *International convention for the suppression of terrorist bombings*.
- United Nations. (2001b). *United Nations security council resolution 1373*.
<https://doi.org/10.4324/9781315170657-71>
- United Nations. (2004). *United Nations security council resolution 1540*.
- United Nations. (n.d.). *International convention FOR THE suppression OF ACTS OF nuclear terrorism*.
- Volodymyr, N. (2021). Combating illegal movement of radioactive materials and objects across the state border of Ukraine. *Nuclear and Radiation Safety*, 1(89), 30–35.
[https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1\(89\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1(89).04)