

Analisis Kebijakan Badan Tenaga Atom Internasional atas Persetujuan Pembuangan Limbah Nuklir Fukushima Berdasarkan Prinsip Kehati-hatian

Tasya Fainurnissa¹, Sri Wartini²

Abstract

This research is motivated by policy International Atomic Energy Agency (IAEA) on approval of Japan's Fukushima nuclear waste. The aim of this research is to find out whether the policy regarding the approval of Fukushima waste disposal by IAEA is in accordance with the precautionary principle, and what are the legal implications of the policy IAEA against Japan in granting permits to dispose of Fukushima waste. This research method uses normative legal research, namely research that relies on applicable legislation and is related to the main problem. The approach method used in this research is the statutory method, the conceptual method, and the sociological method. Data collection techniques were carried out through library study research methods and analysis techniques using descriptive analysis methods. With this method the author reached the conclusion in this research that IAEA has implemented the precautionary principle by implementing 10 international safety standards and processing nuclear waste using methods Advanced Liquid Processing System. Additionally, If there is a serious impact on the human and environment, Tokyo Electric Power (TEPCO) and Japanese government must be responsible.

Keywords: Policy, Fukushima Nuclear Waste, Legal Implications.

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya kebijakan *International Atomic Energy Agency (IAEA)* atas persetujuan pembuangan limbah Fukushima Jepang. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui apakah kebijakan atas persetujuan pembuangan limbah Fukushima oleh *IAEA* sudah sesuai dengan prinsip kehati-hatian, dan apa implikasi hukum atas kebijakan *IAEA* terhadap Jepang dalam pemberian izin pembuangan limbah Fukushima tersebut. Metode penelitian ini menggunakan penelitian hukum normatif, yaitu penelitian yang bertumpu pada perundang-undangan yang berlaku serta berkaitan dengan pokok permasalahan. Metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perundang-undangan, metode konseptual dan metode sosiologis. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui metode penelitian studi pustaka dan teknik analisis menggunakan metode analisis deskriptif. Dengan metode tersebut penulis mendapat kesimpulan dalam penelitian ini bahwa *IAEA* telah menerapkan prinsip kehati-hatian dengan menerapkan 10 standar keamanan internasional dan pengolahan limbah nuklir dengan metode *Advanced Liquid Processing System (ALPS)*. Selain itu, atas kebijakan *IAEA* apabila terdapat dampak serius terhadap lingkungan, maka *Tokyo Electric Power (TEPCO)* dan Pemerintah Jepang wajib bertanggungjawab.

Kata Kunci: Kebijakan, Limbah Nuklir Fukushima, Implikasi Hukum

Pendahuluan

Pembuangan limbah dari Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Fukushima ke Samudera Pasifik pada tanggal 24 Agustus 2023 menjadi salah satu peristiwa mencolok. Kasus Fukushima tersebut bermula akibat gempa bumi berkekuatan 8,9 skala richter diikuti Tsunami 14 meter tahun 2011, yang menyebabkan rusaknya Pembangkit Listrik Tenaga Listrik (PLTN) *Tokyo Electric Power (TEPCO)* hingga kehilangan sumber daya listrik total dalam pengoperasian sistem keselamatan yakni mendinginkan batang bahan bakar reaktor nuklir.³ Hingga pada April 2021, Jepang mengeluarkan kebijakan dasar penanganan air dengan metode *Advanced Liquid Processing System (ALPS)* yaitu sistem

¹ Tasya Fainurnissa, Mahasiswa Fakultas Hukum, Universitas Islam Indonesia, Email: 20410011@students.uui.ac.id

² Sri Wartini, Dosen Hukum Internasional, Fakultas Hukum, Universitas Islam Indonesia, Email: sri.wartini@uui.ac.id

³ Mawaddah, Aprilia, Maria, dll, "Analisis Hukum Terhadap Rencana Pembuangan Limbah Nuklir ke Laut Pasca Terjadinya Gempa Bumi dan Tsunami di Jepang", *Jurnal Ilmu Hukum dan Tata Negara*, 2023, Vol. 1, No. 2, hlm.93.

dalam mengolah zat radioaktif lainnya selain *Tritium* hingga memenuhi standar keamanan untuk selanjutnya dibuang ke perairan.⁴

Kandungan *tritium* dalam air tersebut diatas akan melepaskan 18.000 elektron volt. Jika dikonsumsi oleh manusia, elektron tersebut akan bertabrakan dengan *Deoxyribonucleid Acid (DNA)*, ribosom, dan molekul penting lainnya yang dapat menyebabkan kanker, beberapa diantaranya adalah kanker kulit, otak, tiroid, paru-paru dan kanker darah.⁵ Tentu saja hal ini melanggar HAM, yaitu Hak Untuk Hidup yang wajib dilindungi oleh hukum sebagaimana diatur dalam *International Covenant of Civil and Political Right (ICCPR)*, *Article 6* yang menyatakan bahwa:⁶ “*Every human being has the inherent right to life. This right shall be protected by law. No one shall be arbitrarily deprived of his life*”

Potential damage atau kerusakan lingkungan hidup yang mungkin terjadi diatas membuktikan bahwa Jepang telah mengesampingkan *Precautionary Principle* atau prinsip kehati-hatian.⁷ Dimana prinsip ini menekankan pada tindakan pencegahan pencemaran yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan hidup, sebagaimana telah dituangkan dalam *Rio Declaration 1992*, Prinsip 15 yang menyatakan bahwa:⁸

In order to protect the environment, the precautionary approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation

Didit Haryo Wicaksono, ahli *Climate and Energy Campaigner* dari Greenpeace Indonesia menyatakan bahwa pembuangan limbah radioaktif itu seperti menanam bom ekologis ke wilayah perairan pasifik. Sebagai negara kepulauan yang berbatasan langsung dengan pasifik, konsekuensi dari pelepasan limbah Jepang tentu mempengaruhi wilayah perairan dan mencemari perairan.⁹ Selain itu, pembuangan limbah secara sengaja atau sering disebut *dumping* yang mengancam kesehatan manusia, dan merusak lingkungan harus dicegah, sebagaimana tercantum dalam *Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter 1972 (London Dumping Convention)*, *Article 1* yang menyatakan bahwa:¹⁰ “*Contracting Parties shall prohibit the dumping of any wastes or other matter with the exception of those listed in Annex 1*”.

⁴ Ministry of Foreign Affairs of Japan, “What is ALPS treated water?”, 20 November 2023, What is ALPS treated water? | Ministry of Foreign Affairs of Japan (mofa.go.jp).

⁵ Biello, David, “Is Radioactive Hydrogen in Drinking Water a Cancer Threat?”, *Scientific American*, diakses melalui Is Radioactive Hydrogen in Drinking Water a Cancer Threat? - Scientific American, pada 14 Oktober 2023.

⁶ *Article 6, International Covenant on Civil and Political Rights 1976.*

⁷ Farihah, Liza, Femi Angraini, “*Precautionary Principle and Potential Damage In A Case State Administrative Decision Related to Environment : An Analysis on Decision Number 71/G.TUN/2001/PTUN-JKT*”, *Jurnal Yudisial*, Vol.5, No.3, 2012, hlm 245.

⁸ Prinsip 15, *Rio Declaration 1992.*

⁹ CNBC Indonesia, “Pakar: Jepang Seperti Lempar Bom Nuklir ke Laut Pasifik”, diakses melalui Pakar: Jepang Seperti Lempar Bom Nuklir ke Laut Pasifik (cnbcindonesia.com), pada 14 Oktober 2023.

¹⁰ *Article 1, London Dumping Convention.*

Menurut pandangan Islam, pembuangan limbah yang dilakukan oleh Jepang merupakan keputusan yang dapat merusak alam laut.¹¹ Hal ini sebagaimana firman Allah SWT dalam QS Ar-Ruum ayat 41(30:41):¹²

يَرْجِعُونَ لَعْنَهُمْ لَعَلَّهُمْ عَمَلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذَيِّقَهُمُ النَّاسَ آيَاتِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرَ الْبَرِّ فِي الْفَسَادُ ظَهَرَ

Artinya: "Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan oleh perbuatan tangan manusia agar Allah dapat menunjukkan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)"

Dalam kasus pembuangan limbah fukushima ini, Prinsip Kehati-hatian harus diterapkan sebagai upaya mencegah kerusakan alam. Hal ini sebagaimana firman Allah SWT pada QS. Al- A'raf ayat 56 (7:56)¹³

إِنَّ وَطَمَعًا خَوْفًا وَادْعُوهُ اصْلَاحًا بَعْدَ الْأَرْضِ فِي تُفْسِدُوا وَلَا
اللَّهُ رَحْمَتٌ الْمُحْسِنِينَ مِنْ قَرِيبٌ

Artinya; "Dan janganlah kami berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan".

Dari ayat tersebut kita dapat mengetahui bahwa menjaga lingkungan dari kerusakan merupakan sebuah kewajiban bagi manusia. Sebagai pemimpin di bumi, seorang manusia harus mencerminkan nilai-nilai positif sesuai Alquran. Menjaga kelestarian alam dengan menghindari penebangan hutan ilegal, kerusakan lingkungan, dan pencemaran lingkungan.¹⁴ Prinsip kehati-hatian dalam pembuangan limbah di Jepang sejalan dengan nilai-nilai yang diajarkan dalam Al-Qur'an. Penerapan prinsip ini merupakan wujud rasa tanggung jawab manusia terhadap kelestarian alam dan lingkungan hidup.¹⁵

Rumusan Masalah

Adapun Rumusan Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

- 1) Apakah kebijakan atas persetujuan pembuangan limbah fukushima oleh *International Atomic Energy Agency* sudah sesuai dengan prinsip kehati-hatian?
- 2) Apakah implikasi hukum atas kebijakan *International Atomic Energy Agency* terhadap Jepang dalam pemberian izin pembuangan limbah fukushima?

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah normatif dengan objek penelitian mengkaji dan meneliti konsep kebijakan yang dikeluarkan oleh Badan Energi Atom Internasional atas persetujuannya kepada Jepang untuk membuang limbah nuklir Fukushima ke

¹¹ *Ibid.*

¹² Quran Surah Ar-Ruum ayat 41 (30:41)

¹³ Quran Surah Al- A'raf ayat 56 (7:56)

¹⁴ Djuner, Muslim, *Op.Cit*, hlm.77.

¹⁵ *Ibid.*

Samudera Pasifik apakah telah sesuai dengan Prinsip Kehati-hatian serta menganalisis implikasi hukum atas kebijakan *International Atomic Energy Agency* terhadap Jepang dalam pemberian izin pembuangan limbah Fukushima.

Bahan hukum primer berupa *Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter 1972 (London Dumping Convention) as amended in 2006, Handbook on Nuclear Law, International Atomic Energy Agency (IAEA), International Covenant On Civil and Political Rights (ICCPR), Rio Declaration, Specific Safety Guide No.SSG-39, IAEA Safety Standards for Protecting People and The Environment, The Statuta of the IAEA, Stockholm Declaration 1972, United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) 1982, dan Universal Declaration of Human Right (UDHR).*

Bahan hukum sekunder berupa buku-buku, jurnal, berita, makalah, serta ahli hukum dalam segi kepustakaan. Bahan Hukum Tersier, berupa kamus Bahasa Indonesia, kamus hukum, dan kamus lain yang dibutuhkan.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kebijakan atas persetujuan pembuangan limbah Fukushima oleh *International Atomic Energy Agency* sudah sesuai dengan prinsip kehati-hatian

Prinsip kehati-hatian adalah prinsip yang berkembang dan berpengaruh dalam perumusan kebijakan publik. Prinsip ini menekankan pentingnya kehati-hatian dalam mengambil keputusan yang berpotensi menimbulkan dampak serius dan tidak dapat dipulihkan kembali,¹⁶ dimana dalam hal ini kurangnya kepastian ilmiah tidak dapat dijadikan alasan untuk menunda tindakan pencegahan.¹⁷ Oleh karena itu, dalam perumusan kebijakan publik, ada beberapa hal yang penting untuk diperhatikan, yaitu:¹⁸

1. Negara harus bertanggung jawab untuk melindungi warga negaranya dari dampak negatif kebijakan publik. Oleh karena itu, dalam perumusan kebijakan, negara harus mempertimbangkan aspek pencegahan secara komprehensif dan antisipatif.
2. Kebijakan publik harus mampu mengatasi masalah yang menjadi tujuannya. Oleh karena itu, dalam perumusan kebijakan, negara harus mempertimbangkan opsi-opsi penanganan yang strategis.

IAEA dan Pemerintah Jepang telah menandatangani Kerangka Acuan Bantuan IAEA ke Jepang mengenai Tinjauan Aspek Keamanan Air yang diolah ALPS di *Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations Tokyo Electric Power (FDNPS TEPCO)*.¹⁹ Kegiatan

¹⁶ Kristiani Purwendah, Elly, "Perlindungan Lingkungan dalam Perspektif Prinsip Kehati-hatian (*Precautionary Principle*), Jurnal Media Komunikasi Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan, Vol. 1, No. 1, 2019, hlm.90.

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ Kurnia Putra, Akbar, Budi Ardianto, "Tinjauan *Precautionary Principle* dalam Hukum Internasional terkait Pertanggung Jawaban Negara dalam Penanganan dan Pencegahan Wabah Covid19, Jurnal Sains Sosio Humaniora, Vol 6, No. 1, 2022, hlm.6.

¹⁹ IAEA, "IAEA and Japan Sign Agreement on Continuous Monitoring and Safety Assessment of ALPS Treated Water Discharge", diakses melalui <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-and-japan-sign-agreement-on-continuous-monitoring-and-safety-assessment-of-alps-treated-water-discharge>, pada 27 Januari 2024.

IAEA dalam hal ini terdiri dari tinjauan teknis untuk menilai apakah tindakan TEPCO dan Pemerintah Jepang untuk membuang air olahan ALPS selama beberapa dekade mendatang konsisten dengan standar keselamatan internasional. IAEA juga melakukan semua kegiatan yang diperlukan untuk menguatkan program pemantauan sumber dan lingkungan TEPCO dan Pemerintah Jepang sebelum, selama dan setelah pembuangan.²⁰

Tinjauan IAEA tersebut disusun dalam tiga komponen utama untuk memastikan semua elemen keselamatan utama ditangani secara memadai, komponen tersebut adalah: i) Penilaian Perlindungan dan Keselamatan, ii) Kegiatan dan Proses Peraturan, dan iii) Pengambilan Sampel Independen, Klasifikasi Data, dan Analisis. Untuk melaksanakan tinjauan IAEA secara transparan dan inklusif tersebut, Direktur Jenderal IAEA membentuk Satuan Tugas (satgas) yang beranggotakan para ahli dari Sekretariat IAEA bersama para ahli independen yang diakui secara internasional dengan pengalaman luas dari berbagai spesialisasi teknis dari Argentina, Australia, Kanada, Tiongkok, Perancis, Kepulauan Marshall, Republik Korea, Federasi Rusia, Amerika Serikat, Kerajaan Inggris, Amerika Serikat dan Vietnam.²¹

Pada Mei 2023, IAEA menerbitkan laporan yang merinci hasil perbandingan antar laboratorium pertama yang dilakukan untuk penentuan radionuklida dalam sampel air yang diolah di ALPS.²² Temuan ini memberikan keyakinan pada kemampuan TEPCO dalam melakukan pengukuran yang akurat dan tepat terkait pembuangan air olahan ALPS. Selain itu, berdasarkan pengamatan IAEA, TEPCO telah menunjukkan bahwa mereka memiliki sistem analisis yang berkelanjutan dan kuat untuk mendukung kebutuhan teknis yang sedang berlangsung di FDNPS selama pembuangan air olahan ALPS.

Kebijakan IAEA tersebut jika dikaitkan dengan Prinsip Kehati-hatian, dalam pembuatan instrument kebijakan tersebut telah dipertimbangkan apakah kegiatan tersebut memiliki kemungkinan dampak yang serius dan sulit atau tidak dapat dipulihkan, sebagaimana bunyinya dalam *Rio Declaration 1992, Article 15* :²³

In order to protect the environment, the precautionary principle approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation.

Menurut James Hickey and Vern Walker, dalam menerapkan Prinsip Kehati-hatian dalam suatu kebijakan, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, yaitu:²⁴ ruang lingkup prinsip kehati-hatian, identifikasi kegiatan atau aktivitas yang memerlukan penerapan prinsip kehati-hatian, dan jenis prinsip kehati-hatian.

²⁰ *Ibid.*

²¹ *IAEA Comprehensive Report on The Safety Review on The ALPS-Treated Water at The Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*, diakses melalui, [iaea_comprehensive_alps_report.pdf](#) pada 29 Januari 2024.

²² *Ibid.*

²³ Article 15, *Rio Declaration 1992*.

²⁴ Latifah, Emmy, "Precautionary Principle sebagai Landasan dalam Merumuskan Kebijakan Publik, *Jurnal Yustisia*, Vol. 5, No. 2, 2016, hlm.288-289.

IAEA menyatakan bahwa kebijakan yang dikeluarkan sudah menerapkan Prinsip Kehati-hatian, prinsip ini dijadikan dasar dalam membuat kebijakan demi keberlangsungan sumber daya alam bagi generasi berikutnya, serta sebagai upaya mencegah resiko bahaya limbah nuklir di masa yang akan datang²⁵, hal tersebut dibuktikan dengan :²⁶

1. Satgas yang telah dibentuk IAEA telah menerapkan prinsip standar keamanan internasional

Ditetapkan sebagai standar keselamatan untuk perlindungan kesehatan dan minimalisasi bahaya terhadap kehidupan dan harta benda sebagaimana sesuai dengan fungsi Statuta IAEA, prinsip tersebut terdiri atas:²⁷

a. *Responsibility for Safety*

Tanggung jawab atas keselamatan berada pada orang atau organisasi yang bertanggungjawab atas fasilitas atau aktivitas yang menimbulkan akibat radiasi dalam hal ini *TEPCO*, Jepang.²⁸

b. *Role of the Government*

Pemerintah harus membuat kerangka hukum dan pengaturan efektif terhadap fasilitas dan kegiatan yang menimbulkan risiko radiasi demi keselamatan.²⁹

c. *Leadership and Management for Safety*

Prinsip ini menyatakan bahwa manajemen di semua tingkatan dalam organisasi ini harus menunjukkan komitmennya terhadap penetapan, penerapan, penilaian dan perbaikan terhadap sistem manajemen organisasi dan harus mengalokasikan sumber daya yang memadai untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tersebut. Kepemimpinan untuk keselamatan mencakup visi, sasaran, strategi, rencana dan sasaran organisasi dengan mengadvokasi komitmen individu terhadap perlindungan manusia dan lingkungan dari efek berbahaya radiasi, menetapkan ekspektasi perilaku, dan menumbuhkan budaya keselamatan yang kuat.³⁰

d. *Justification*

Prinsip ini beranggapan bahwa kegiatan yang menimbulkan risiko radiasi harus menghasilkan manfaat secara keseluruhan, yaitu bahwa keputusan apa pun yang mengubah situasi paparan radiasi akan memberikan lebih banyak manfaat daripada kerugian.

e. *Optimization of Protection*

Perlindungan terhadap paparan radiasi harus dioptimalkan untuk memberikan tingkat keselamatan tertinggi yang dapat dicapai secara wajar dengan mempertimbangkan faktor ekonomi, sosial, dan faktor lain yang relevan.³¹

f. *Limitation of Risks to Individuals*

²⁵ Pasalas Alanda, Neby, *Loc.Cit.*

²⁶ *Ibid.*

²⁷ *IAEA Comprehensive Report ,Op.Cit.*, hlm.13-31.

²⁸ *IAEA Comprehensive Report* , hlm.14.

²⁹ *IAEA Comprehensive Report*, hlm.15-17.

³⁰ *IAEA Comprehensive Report*, hlm.18-19.

³¹ *IAEA Comprehensive Report*, hlm.20-22.

Prinsip ini mensyaratkan bahwa langkah-langkah untuk mengendalikan risiko radiasi harus memastikan tidak ada individu yang menanggung risiko bahaya yang tidak dapat diterima.³²

g. *Protection of Present and Future Generations and their Environment*

Prinsip keselamatan mendasar ini mengharuskan manusia dan lingkungan, saat ini dan di masa depan, harus dilindungi dari risiko radiasi. Sebagai bagian dari aktivitasnya, Pemerintah Jepang dan TEPCO harus mempertimbangkan bahwa risiko radiasi yang disebabkan oleh pelepasan radiasi mungkin melampaui batas negara dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu, langkah-langkah untuk mengendalikan pembuangan limbah harus mempertimbangkan konsekuensi apa pun yang mungkin terjadi, saat ini dan di masa depan.³³

h. *Prevention of Accidents*

Prinsip ini mengacu pada penerapan praktik rekayasa yang baik dan tindakan yang dapat dipraktikkan untuk mencegah kecelakaan dan mengurangi konsekuensi dari kecelakaan yang terjadi.³⁴

i. *Emergency Preparedness and Response*

Tujuan dari kesiapsiagaan darurat adalah untuk memastikan bahwa terdapat kemampuan yang memadai dalam organisasi pengoperasi dan di tingkat lokal, regional dan nasional dan, jika diperlukan, di tingkat internasional, untuk memberikan tanggapan yang efektif dalam keadaan darurat nuklir atau radiologi. Kemampuan ini berkaitan dengan seperangkat elemen infrastruktur yang terintegrasi yang mencakup namun tidak terbatas pada: wewenang dan tanggung jawab; organisasi dan kepegawaian; koordinasi; rencana dan prosedur; peralatan, perlengkapan dan fasilitas; pelatihan, latihan dan latihan; dan sistem manajemen.³⁵

j. *Protective Actions to Reduce Existing Radiation Risks*

Publikasi prinsip-prinsip dasar keselamatan IAEA memberikan contoh situasi di mana prinsip keselamatan dasar untuk situasi paparan yang ada dapat diterapkan. Hal ini mencakup:³⁶

- a. Situasi mengenai paparan radiasi yang pada dasarnya berasal dari alam, misalnya, paparan akibat radon di tempat tinggal;
- b. Situasi mengenai situasi paparan yang masih ada yang timbul dari aktivitas manusia yang dilakukan di masa lalu yang tidak pernah tunduk pada peraturan. kendali, atau yang tunduk pada rezim kendali yang tidak ketat; dan
- c. Tindakan remediasi berikut yang diambil setelah terjadinya pelepasan radionuklida yang tidak terkendali ke lingkungan.

³² IAEA *Comprehensive Report*, hlm.23-24.

³³ IAEA *Comprehensive Report*, hlm.25-28

³⁴ IAEA *Comprehensive Report*, hlm.28-29.

³⁵ IAEA *Comprehensive Report*, hlm.29-30.

³⁶ IAEA Safety Standard, “*Fundamental Safety Principles*”, diakses melalui https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1273_web.pdf, pada tanggal 07 Februari 2024

2. Penggunaan sistem ALPS sebelum limbah dibuang ke laut

Air terkontaminasi yang disimpan di lokasi diolah untuk menghilangkan sebagian besar kandungan radioaktif, kecuali tritium, yang tidak dapat dihilangkan oleh sistem ALPS,³⁷ atau sistem skala industri lainnya. Tritium merupakan isotop radioaktif hidrogen yang mempunyai proton dan elektron yang sama dengan hidrogen tetapi mempunyai 2 neutron, Sedangkan hidrogen biasanya tidak mempunyai satu pun, hal ini yang menyebabkan tritium tidak stabil dan bersifat radioaktif.³⁸

Sebelum diolah oleh sistem ALPS, air yang terkontaminasi cesium dan strontium telah dihilangkan secara berkala melalui sistem KURION dan SARRY. Cesium dan strontium tersebut yang menyumbang sebagian besar radioaktivitas dari air yang terkontaminasi. Kemudian, ketika air tidak lagi digunakan untuk mendinginkan sisa bahan bakar, air tersebut dikirim ke pengolahan ALPS dimana 62 radionuklida tambahan dihilangkan.³⁹

Hal ini merupakan bentuk fungsi diterapkannya Prinsip Kehati-hatian dengan menciptakan kewajiban untuk bertindak, sebagaimana tercantum dalam *Article 3 Helsinki Convention*, yaitu:⁴⁰

"...shall ... take preventative measures when there is a reason to assume that substances or energy introduced, directly or indirectly, into the marine environment, may create hazards to human health, harm living resources and marine ecosystems, damage amenities or interfere with other legitimate uses of the seas even when there is no conclusive evidence of a causal relationship between inputs and their alleged effects."

Berdasarkan penilaian komprehensifnya, IAEA menyimpulkan bahwa pendekatan terhadap pembuangan air olahan ALPS ke laut, dan aktivitas terkait yang dilakukan oleh TEPCO, NRA, dan Pemerintah Jepang, konsisten dengan standar keselamatan internasional yang relevan. Dalam hal ini, IAEA telah menyimpulkan bahwa pembuangan air olahan ALPS seperti yang saat ini direncanakan oleh TEPCO, akan mempunyai dampak radiologi yang dapat diabaikan terhadap manusia dan lingkungan.⁴¹

Melalui metode ALPS unsur radioaktif yang terkandung dalam air olahan dapat diminimalisir bahkan dibuang.⁴² Tiap liter air olahan tersebut mengandung 1.500 becquerel dan sangat jauh dari angka maksimum yang ditetapkan oleh WHO, yaitu 60.000 becquerel.⁴³ Secara peraturan yang ada, tindakan yang dilakukan Jepang dengan membuang limbah nuklir ke laut sudah sesuai dengan regulasi yang diatur dan diberikan secara transparan dengan memberikan jumlah secara rinci kadar tritium yang dibuang ke laut.

³⁷ Yibing Qiu, *The Stability and Radioactive of Atomic Nucleus*, *Vixra*, Mei 2014, hlm. 1.

³⁸ *Ibid*, hlm. 2.

³⁹ Tokyo Electric Power Company Holding (TEPCO), "*Contaminated Water Treatment*", <https://www.tepco.co.jp/en/decommission/planaction/alps/index-e.html>, diakses pada tanggal 7 Februari 2024

⁴⁰ *Article 3, Helsinki Convention*

⁴¹ *Ibid*.

⁴² Tokyo Electric Power Company Holding (TEPCO), "*Result of Radioactive Analysis Around Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*", <https://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/smp/index-e.html>, diakses pada tanggal 7 Februari 2024

⁴³ *Ibid*

Implikasi Hukum Atas Kebijakan International Atomic Energy Agency Terhadap Jepang Dalam Pemberian Izin Pembuangan Limbah Fukushima

Implikasi hukum merupakan segala sesuatu yang telah dihasilkan setelah kebijakan dirumuskan dan diimplementasikan. Hal ini dapat mencakup berbagai aspek, seperti dampak sosial, ekonomi, politik, dan lingkungan.⁴⁴ Menurut Winarno, Terdapat lima dimensi utama yang perlu dibahas dalam memperhitungkan implikasi kebijakan, yaitu:⁴⁵ implikasi pada masalah-masalah publik dan orang-orang yang terlibat; implikasi pada keadaan-keadaan atau kelompok-kelompok di luar sasaran, dengan mempertimbangkan efek kebijakan pada pihak-pihak yang tidak secara langsung menjadi target kebijakan; implikasi pada keadaan sekarang dan yang akan datang; biaya langsung dengan menghitung biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan program-program dan implementasi kebijakan; dan biaya tidak langsung yang ditanggung oleh masyarakat atau individu akibat adanya kebijakan, seperti inflasi atau penurunan kualitas hidup.

Jika dikaitkan dengan implikasi hukum menurut Winarno, pembuangan limbah yang dilakukan oleh Jepang telah menimbulkan implikasi hukum. Hal ini terlihat dari Perdana Menteri Korea Selatan yang melarang impor produk perikanan dan pertanian di Jepang.⁴⁶ Selain itu, China juga melakukan protes kepada Jepang untuk menghentikan pembuangan limbah dan melarang impor hasil perikanan dari Jepang.⁴⁷ Di Malaysia impor hasil laut dari Jepang akan menjalani pemeriksaan tingkat 4 sebelum masuk ke Malaysia demi menyaring unsur radiokatif.⁴⁸ Melalui hal tersebut tentu, pemerintah Malaysia secara tidak langsung menanggung biaya pemeriksaan sebagaimana poin ke-5 (lima) implikasi hukum menurut Winarno. Selain implikasi tersebut, Jepang bertanggung jawab atas pembuangan limbah, hal ini berkaitan dengan prinsip lingkungan internasional, yaitu:

1. Berdasarkan prinsip *Inter Generation Equity*, Jepang melakukan pembuangan limbah tersebut tanpa mempertimbangkan kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya (*the right to development must be fulfilled so as to equitably meet development and environmental needs of present and future generations*).⁴⁹ Karena dalam hal ini, seharusnya generasi saat ini tidak memberikan beban eksternalitas pembangunan bagi generasi berikutnya. Setiap

⁴⁴ Detikjabar, "Pengertian Implikasi Adalah: Berikut Arti, Jenis, dan Contohnya", diakses melalui Pengertian Implikasi Adalah: Berikut Arti, Jenis, dan Contohnya (detik.com), pada 6 Februari 2024.

⁴⁵ *Ibid.*

⁴⁶ ANTARANews, "PM Korsel akan tetap berlakukan larangan impor produk perikanan Jepang", diakses melalui PM Korsel akan tetap berlakukan larangan impor produk perikanan Jepang - ANTARA News, pada 8 Februari 2024.

⁴⁷ Aulia, Luki, "Pascapembuangan Limbah Fukushima, China Stop Impor Hasil Laut dari Jepang", diakses melalui Pascapembuangan Limbah Fukushima, China Stop Impor Hasil Laut dari Jepang - Kompas.id, pada 8 Februari 2024.

⁴⁸ *Ibid.*

⁴⁹ Siahaan, NHT, "Hukum Lingkungan dan Ekologi Pembangunan", Jakarta: Erlangga, 2004, hlm.148.

generasi memiliki kesempatan dan hak yang sama dalam kualitas sumber daya alam baik fisik, ekonomi, maupun sosial; dan⁵⁰

2. Berdasarkan Prinsip Pencegahan, seharusnya Jepang melakukan antisipasi sejak membangun PLTN *TEPCO*, sehingga kerusakan ini tidak terjadi dan pembuangan limbah dalam jumlah besar tidak dilakukan. Dalam pengendalian pencemaran lingkungan, upaya pencegahan lebih baik dari penanggulangan maupun pemberian ganti rugi,⁵¹ karena memperbaiki kerusakan lingkungan membutuhkan waktu sangat lama.

TEPCO Jepang mempunyai tanggung jawab utama atas keamanan pembuangan air olahan *ALPS* dari *FDNPS*. Hal ini sebagaimana prinsip standar keamanan internasional yang diterapkan oleh *IAEA*, sebagaimana dalam rumusan masalah pertama, yaitu *Responsibility for Safety* yang menyatakan bahwa tanggung jawab atas keselamatan berada *TEPCO*, Jepang, sebagai orang atau badan perusahaan yang bertanggungjawab atas fasilitas atau aktivitas yang menimbulkan akibat radiasi.⁵² Tanggung jawab Jepang terhadap radiasi nuklir akibat pembuangan limbah ke laut dengan dikaitkan dengan hukum internasional adalah:⁵³

1. *The Joint Convention on The Safety of Spent of Radioactive Waste Management*

Dalam Pasal 11⁵⁴ disebutkan bahwa Semua pihak yang terlibat dalam pengelolaan bahan radioaktif harus mengambil tindakan yang tepat untuk melindungi masyarakat dan lingkungan dari bahaya radiasi dan bahaya lainnya. Selain itu, pengelolaan bahan radioaktif harus dilakukan dengan cara yang aman dan bertanggung jawab, sehingga tidak menimbulkan bahaya bagi masyarakat dan lingkungan, dan memenuhi standar keselamatan yang telah ditetapkan, baik oleh hukum internasional maupun hukum domestik.

2. *Convention on The Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*

Dalam Pasal 1⁵⁵ dinyatakan bahwa setiap negara bertanggung jawab dalam melindungi lingkungan laut. Pencemaran laut dapat disebabkan oleh berbagai sumber, termasuk limbah dan materi lain. Negara-negara harus mengambil langkah-langkah praktis untuk mencegah pencemaran laut, dimana langkah-langkah tersebut harus dirancang untuk melindungi kesehatan manusia, sumber daya alam, dan kehidupan laut.

3. *Basel Convention on The Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal*

Dalam ketentuan Pasal 4 ayat 7⁵⁶ dinyatakan bahwa setiap pihak wajib:

⁵⁰ Asta Nugraha, Arvin, dkk, "Peran Hukum Lingkungan dalam Mencegah Kerusakan dan Pencemaran Lingkungan Hidup", *Jurnal Hukum Tora: Hukum untuk mengatur dan melindungi masyarakat*, Vol.7, No. 2, 2021, hlm. 288.

⁵¹ Rahmadi, Takdir, *Op.Cit.* hlm.20.

⁵² *IAEA Comprehensive Report*, *Op.Cit.* hlm.14.

⁵³ Siregar, Naek, *Loc.Cit.*, hlm.8-9.

⁵⁴ Pasal 11 *Joint Convention on The Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*

⁵⁵ Pasal 1 *Convention on The Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*

⁵⁶ Pasal 4 Ayat (7) *Basel Convention on The Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal*

- a. Melarang memindahkan atau membuang limbah berbahaya kecuali resmi diperbolehkan;
- b. Limbah yang melewati batas negara harus diangkut sesuai peraturan internasional yang berlaku; dan
- c. Limbah berbahaya harus disertai dokumen dimana limbah itu berasal hingga tempat pembuangan limbah.

Berdasarkan 3 (tiga) konvensi tersebut di atas, Jepang dapat dibebani tanggung jawab secara internasional berupa *satisfaction* maupun restitusi dan kompensasi⁵⁷ atas kerugian yang ditimbulkan oleh radiasi nuklir, karena:⁵⁸

1. Adanya tindakan atau kelalaian yang melanggar hukum internasional, yaitu 3 (tiga) konvensi di atas;
2. Adanya keterlibatan negara dalam pembuangan air radioaktif ke laut, dimana hal ini seharusnya menjadi kendali pemerintah Jepang dalam mengeluarkan kebijakan.

Selain *TEPCO*, Pemerintah Jepang bertanggung jawab atas pengembangan undang-undang, peraturan dan standar serta pedoman peraturan lainnya yang diperlukan untuk memenuhi tanggung jawab nasional dan komitmen internasional untuk pengendalian peraturan fasilitas dan kegiatan yang menimbulkan risiko radiasi, dan untuk pembentukan badan independen.⁵⁹ Sebagai konsekuensi dari kecelakaan di *Fukushima Daiichi Nuclear Power Statios (FDNPS)*, Jepang secara mendasar mengubah sistem peraturan keselamatan nuklirnya dan membentuk Badan Regulasi Nuklir (NRA) sebagai badan pengatur independen baru. Berdasarkan Undang-Undang Pendirian NRA, NRA mempunyai tanggung jawab tunggal untuk mengatur keselamatan nuklir, keamanan nuklir, pengamanan berdasarkan komitmen internasional, dan penggunaan isotop radioaktif serta pemantauan radiasi.⁶⁰ NRA terlibat dalam pengambilan keputusan independen mengenai aktivitas regulasi, seperti perizinan, persetujuan dan inspeksi, tanpa keterlibatan pihak berwenang yang ditugaskan untuk mempromosikan energi nuklir.⁶¹ Adapun bentuk pelaksanaan fungsi NRA adalah sebagai berikut:⁶²

1. Telah melaksanakan tanggung jawab peraturannya sehubungan dengan pembuangan air yang diolah dari ALPS;
2. Telah mewajibkan *TEPCO* untuk mengajukan permohonan izin untuk membuang air yang diolah dari ALPS, NRA telah meninjau dokumentasi yang diserahkan oleh *TEPCO* dalam permohonan izinnya), dan
3. Mempertimbangkan semua informasi yang tersedia sebagai bagian dari proses otorisasi peraturan mereka sebelum mengeluarkan otorisasi untuk membuang air yang diolah di ALPS;

⁵⁷ AntaraNews, "Pemerintah tidak sikapi bijak fakta kawasan rawan bencana", diakses melalui Pemerintah Tidak Sikapi Bijak Fakta Kawasan Rawan Bencana - ANTARA News, pada 6 Februari 2024.

⁵⁸ Siregar, Naek, *Loc.Cit*, hlm.12.

⁵⁹ *Ibid*

⁶⁰ *IAEA Comprehensive Report*, *Op.Cit*, hlm.14.

⁶¹ *Ibid*. hlm.16.

⁶² *Ibid*. hlm. 16-17.

4. Telah berkonsultasi dengan masyarakat sebagai bagian dari peninjauan Rencana Implementasi; dan
5. Telah membentuk program pertukaran informasi tentang kegiatan peraturan mengenai Rencana Implementasi untuk masyarakat yang tinggal di sekitar, masyarakat dan pihak-pihak berkepentingan lainnya, termasuk pihak-pihak yang berkepentingan di negara-negara tetangga.

TEPCO telah menyiapkan rencana implementasi untuk kegiatan di *FDNPS*, yang mencakup pembuangan air olahan *ALPS*. Rencana Implementasi yang ditinjau dan disetujui oleh NRA, telah mendukung satgas dalam memahami sejumlah poin teknis penting dengan lebih baik. Adapun poin tersebut adalah:⁶³

1. TEPCO telah menyajikan informasi mengenai karakterisasi radiologi air yang diolah pada berbagai tahap proses pembuangan.
2. TEPCO telah mengembangkan kriteria desain untuk fasilitas pembuangan, yang mempertimbangkan fitur keselamatan yang berlebihan dan beragam untuk mendeteksi dan mencegah kejadian yang dapat menyebabkan pelepasan air olahan *ALPS* ke lingkungan secara tidak sengaja; dan
3. TEPCO telah melakukan penilaian keselamatan untuk pembuangan air olahan *ALPS* ke laut, sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan oleh NRA.

Penutup

Kesimpulan

1. Tindakan dari Prinsip Kehati-hatian merupakan sebuah tindakan pencegahan yang dilakukan dalam hal tidak diketahuinya dampak atau akibat yang akan ditimbulkan atas kegiatan yang dilakukan. Dalam hal ini, kebijakan IAEA telah menerapkan Prinsip Kehati-hatian, hal ini diimplementasikan dalam bentuk: 1) membentuk satgas yang menerapkan 10 (sepuluh) standar keamanan internasional; dan 2) melakukan pengolahan limbah Fukushima dengan metode *ALPS* yang mengurangi bahkan membuang kandungan radioaktif dalam limbah. Kegiatan tersebut dilakukan demi mencegah dampak buruk terhadap manusia dan lingkungan yang belum diketahui akibat pembuangan limbah nuklir Fukushima Jepang di Samudera Pasifik.
2. Implikasi hukum merupakan dampak atas kebijakan yang dirumuskan dan diimplementasikan oleh suatu negara. Menurut J. Kusters, perlu adanya tindakan yang memandu interaksi dan hubungan suatu negara dengan negara lain melalui diplomasi demi menentukan arah kebijakan dalam pembuangan limbah nuklir Fukushima serta membuat rancangan antisipasi terkait dampak lingkungan terhadap negara lain yang mungkin terjadi. Berdasarkan hukum internasional dan standar keamanan internasional *Responsibility for Safety* yang menjadi acuan IAEA dalam memberikan persetujuan pembuangan limbah Fukushima Daiichi, Jepang harus bertanggungjawab atas keamanan pembuangan air olahan *ALPS* dan

⁶³ IAEA *Comprehensive Report*, Op.Cit.hlm.14.

dampak lingkungan yang mungkin terjadi. Meskipun dalam pembahasan pada penelitian ini Jepang telah menjalankan prosedur dan ketentuan sebagaimana mestinya, apabila setelah pembuangan limbah terjadi dampak radioaktif terhadap lingkungan dan manusia atas pembuangan limbah tersebut, maka Jepang tetap harus bertanggung jawab meskipun telah mendapat persetujuan dari *IAEA*.

Rekomendasi

1. Penerapan Prinsip Kehati-hatian dalam pengolahan limbah nuklir Fukushima merupakan langkah yang tepat untuk meminimalkan risiko dan dampak negatif. Namun, masih diperlukan upaya lanjutan untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan jangka panjang, seperti harus melakukan pemantauan berkelanjutan terhadap dampak lingkungan di sekitar lokasi pembuangan limbah, memberikan informasi yang transparan kepada publik, bekerjasama dengan negara-negara lain dalam penelitian dan pengembangan teknologi pengolahan limbah nuklir yang lebih aman, dan prioritaskan penelitian tentang metode pembuangan limbah nuklir yang permanen dan tidak menimbulkan risiko bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat.
2. Dalam mengurangi implikasi hukum atas tanggung jawab Jepang, dapat dilakukan dengan memperkuat peran *IAEA* dalam mengawasi dan memastikan kepatuhan negara-negara terhadap standar keamanan internasional, menetapkan mekanisme penyelesaian sengketa yang efektif dan adil untuk menangani kasus-kasus kerusakan lingkungan akibat pembuangan limbah nuklir, mengadakan mekanisme akuntabilitas yang jelas untuk memastikan tanggung jawab negara atas kerusakan yang terjadi, serta memperkuat hubungan diplomasi dan kerjasama internasional dalam mengatasi permasalahan nuklir dan kesiapsiagaan dalam penanganan dampak radioaktif.

Daftar Pustaka

- Basel Convention on The Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal*
- Convention on The Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*
- Helsinki Convention*
- International Covenant on Civil and Political Rights 1976*
- Joint Convention on The Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*
- London Dumping Convention*
- Rio Declaration 1992*
- Djuner, Muslim, "Perlindungan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Menurut Perspektif Al-Quran", Substantia, Edisi Khusus, 2016, hlm. 77.
- IAEA Comprehensive Report on The Safety Review on The ALPS-Treated Water at The Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*
- Rahmadi, Takdir, "Hukum Lingkungan", Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2014, hlm.20.

- Asta Nugraha, Arvin, dkk, "Peran Hukum Lingkungan dalam Mencegah Kerusakan dan Pencemaran Lingkungan Hidup", *Jurnal Hukum Tora: Hukum untuk mengatur dan melindungi masyarakat*, Vol.7, No. 2, 2021, hlm. 288.
- Fariyah, Liza, Femi Angraini, "Precautionary Principle and Potential Damage In A Case State Administrative Decision Related to Environment : An Analysis on Decision Number 71/G.TUN/2001/PTUN-JKT", *Jurnal Yudisial*, Vol.5, No.3, 2012, hlm 245
- Kristiani Purwendah, Elly, "Perlindungan Lingkungan dalam Perspektif Prinsip Kehati-hatian (*Precautionary Principle*), *Jurnal Media Komunikasi Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan*, Vol. 1, No. 1, 2019, hlm.90
- Kurnia Putra, Akbar, Budi Ardianto, "Tinjauan *Precautionary Principle* dalam Hukum Internasional terkait Pertanggung Jawaban Negara dalam Penanganan dan Pencegahan Wabah Covid19, *Jurnal Sains Sosio Humaniora*, Vol 6, No. 1, 2022, hlm.6.
- Latifah, Emmy, "Precautionary Principle sebagai Landasan dalam Merumuskan Kebijakan Publik, *Jurnal Yustisia*, Vol. 5, No. 2, 2016, hlm.288-289.
- Mawaddah, Aprilia, Maria, dll, "Analisis Hukum Terhadap Rencana Pembuangan Limbah Nuklir ke Laut Pasca Terjadinya Gempa Bumi dan Tsunami di Jepang", *Jurnal Ilmu Hukum dan Tata Negara*, 2023, Vol. 1, No. 2, hlm.93.
- Siahaan, NHT, "Hukum Lingkungan dan Ekologi Pembangunan", Jakarta: Erlangga, 2004, hlm.148.
- Siregar Naek, "Analisis Yuridis Tanggung Jawab Negara Terhadap Sampak Radiasi Nuklir Menurut Hukum Internasional" (*Studi Kasus Radiasi Nuklir Jepang Pasca Gempa dan Tsunami*), *Jurnal Fiat Justitia Ilmu Hukum*, Vol.5, No. 2, 2012.
- Yibing Qiu, *The Stability and Radioactive of Atomic Nucleus*, *Vixra*, Mei 2014, hlm. 1.
- AntaraNews, "Pemerintah tidak sikapi bijak fakta kawasan rawan bencana", diakses melalui Pemerintah Tidak Sikapi Bijak Fakta Kawasan Rawan Bencana - ANTARA News
- ANTARANews, "PM Korsel akan tetap berlakukan larangan impor produk larangan impor produk perikanan Jepang", diakses melalui PM Korsel akan tetap berlakukan larangan impor produk perikanan Jepang - ANTARA News.
- Aulia, Luki, "Pascapembuangan Limbah Fukushima, China Stop Impor Hasil Laut dari Jepang, diakses melalui Pascapembuangan Limbah Fukushima, China Stop Impor Hasil Laut dari Jepang - Kompas.id.
- Biello, David, "Is Radioactive Hydrogen in Drinking Water a Cancer Threat?", *Scientific American*, diakses melalui Is Radioactive Hydrogen in Drinking Water a Cancer Threat? - Scientific American.
- CNBC Indonesia, "Pakar: Jepang Seperti Lempar Bom Nuklir ke Laut Pasifik", diakses melalui Pakar: Jepang Seperti Lempar Bom Nuklir ke Laut Pasifik (cnbcindonesia.com).
- Detik Jabar, "Berikut Arti, Jenis, dan Contohnya", diakses melalui Pengertian Implikasi Adalah: Berikut Arti, Jenis, dan Contohnya (detik.com).
- IAEA *Comprehensive Report on The Safety Review on The ALPS-Treated Water at The Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*, diakses melalui, [iaea_comprehensive_alps_report.pdf](#).
- IAEA Safety Standard, "Fundamental Safety Principles", diakses melalui https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1273_web.pdf.

IAEA, "IAEA and Japan Sign Agreement on Continuous Monitoring and Safety Assessment of ALPS Treated Water Discharge", diakses melalui <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-and-japan-sign-agreement-on-continuous-monitoring-and-safety-assessment-of-alps-treated-water-discharge>.

Ministry of Foreign Affairs of Japan, "What is ALPS treated water?", 20 November 2023, [What is ALPS treated water? | Ministry of Foreign Affairs of Japan \(mofa.go.jp\)](https://www.mofa.go.jp/what-is-alps-treated-water/).

Tokyo Electric Power Company Holding (TEPCO), "Contaminated Water Treatment", <https://www.tepco.co.jp/en/decommission/planaction/alps/index-e.html>.

Tokyo Electric Power Company Holding (TEPCO), "Result of Radioactive Analysis Around Fukushima Daiichi Nuclear Power Station", <https://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/smp/index-e.html>.

Pasalas Alanda, Neby, "Penerapan Asas Kecermatan, Asas Keterbukaan dan Asas kehati-hatian dalam Penghapusan Limbah Fly-Ash and Botton-Ash dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup", Dspace.uui, 2023, hlm.55.

Quran Surah Ar-Ruum ayat 41 (30:41)

Quran Surah Al- A'raf ayat 56 (7:56)