Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

Kebijakan Internasional dalam Pengelolaan Dampak Zat Radioaktif Fukushima terhadap Manusia dan Lingkungan

Andil Putri Pratama Dharma Laksana [1]*

[1] Universitas Hasanuddin, Makassar, Sulawesi Selatan

*Correspondence : andilapril12@gmail.com

ABSTRAK

Artikel ini memiliki fokus pada analisis menyeluruh dampak zat radioaktif dan strategi pengelolaannya dalam konteks perubahan kebijakan dunia internasional. Dengan mengadopsi pendekatan kualitatif, studi kasus mendalam dilakukan untuk memahami implikasi bencana nuklir Fukushima serta kontribusi masyarakat internasional dalam menghadapi tantangan ini. Data yang dikumpulkan berasal dari berbagai sumber, termasuk literatur, laporan pemerintah, dan jurnal ilmiah, memberikan dasar yang kuat untuk evaluasi dampaknya. Hasil penelitian menyoroti seriusnya penyebaran zat radioaktif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Temuan ini menjadi pemicu utama perubahan kebijakan nuklir di beberapa negara, menandai respons aktif terhadap dampak global yang dihasilkan oleh kecelakaan nuklir tersebut. Artikel ini juga berperan sebagai panduan praktis bagi peneliti, pembuat kebijakan, dan individu yang tertarik dalam pengelolaan limbah radioaktif yang aman. Dengan merincikan dampak dan solusi yang mungkin, artikel ini berkontribusi pada pemahaman mendalam terhadap aspek kritis terkait kebijakan nuklir dan pengelolaan limbah, membuka jalan bagi tindakan proaktif dalam mengatasi tantangan global ini.

Kata kunci

Fukushima, Kebijakan Internasional, Kesehatan Manusia, Pencemaran Lingkungan, Zat Radioaktif

ABSTRACT

This article focuses on a comprehensive analysis of the impact of radioactive substances and their management strategies in the context of changes in international policies. Adopting a qualitative approach, an in-depth case study is conducted to understand the implications of the Fukushima nuclear disaster and the contributions of the international community in addressing this challenge. Data collected from various sources, including literature, government reports, and scientific journals, provide a solid foundation for impact assessment. The research findings highlight the severity of the spread of radioactive substances on the environment and human health. These findings serve as a major catalyst for policy changes in several countries, marking an active response to the global impact caused by the nuclear accident. The article also serves as a practical guide for researchers,

ABSTRACT

Long of abstra
(single). Abstra
and limitation

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

policymakers, and individuals interested in the safe management of radioactive waste. By detailing possible impacts and solutions, this article contributes to a profound understanding of critical aspects related to nuclear policy and waste management, paving the way for proactive measures in addressing this global challenge.

Keywords
Environmental Pollution, Fukushima, Human Health, International Policy, Radioactive Substances

Introduction / Pendahuluan

Bencana nuklir Fukushima pada tanggal 11 Maret 2011 di Jepang Timur merupakan salah satu insiden nuklir yang paling serius dalam sejarah dunia. Gempa ini terjadi dengan magnitudo 9.0, yang juga dikenal sebagai Gempa Tohoku pada pukul 14:46 waktu setempat dengan pusat gempa di Samudra Pasifik sekitar 130 km di sebelah timur kota Sendai, Jepang, dan sekitar 163 km di sebelah timur laut Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Fukushima. Gempa ini memicu gelombang tsunami dahsyat dengan ketinggian mencapai 40.5 meter dan menyebabkan kerusakan besar di sepanjang garis pantai. Tsunami bahkan mencapai sejauh 10 km ke daratan yang menyebabkan 15.854 kematian yang sudah terkonfirmasi dan 3.089 orang yang masih hilang (per 28 Maret 2012) (Steinhauser dkk., 2014).

Bencana ini dipicu oleh gempa bumi dan tsunami yang merusak *Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant* (NPP), yang akhirnya mengakibatkan melelehnya inti reaktor dan melepaskan materi radioaktif. Dampak kejadian ini menyentuh berbagai aspek, baik kesehatan manusia maupun ekosistem di sekitarnya. Oleh karena itu, evaluasi risiko dan pengelolaan limbah radioaktif di Fukushima menjadi hal yang mendesak dan vital dalam melindungi lingkungan dan segenap kehidupan manusia di seluruh dunia.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memahami dampak radiasi dan upaya pengelolaan limbah radioaktif di wilayah Fukushima pasca-kejadian ini. Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji dampak radiasi dan pengelolaan limbah radioaktif di Fukushima. Penelitian-penelitian tersebut menyoroti permasalahan serius seperti penyebaran radioaktivitas ke lingkungan, risiko kesehatan manusia, serta dampak jangka panjang pada ekosistem.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa evakuasi yang berlangsung setelah insiden Fukushima ternyata memiliki korelasi yang signifikan secara statistik dengan peningkatan risiko hiperlipidemia dalam jangka panjang (berjumlah beberapa tahun) pada individu yang berusia antara 40 hingga 74 tahun. Sementara itu, tidak ada dampak evakuasi yang dapat diamati pada tingkat diabetes atau hipertensi. Walaupun begitu, risiko terkena diabetes meningkat dalam seluruh populasi studi, baik yang dievakuasi maupun yang tidak, pada tahun kedua hingga ketiga setelah peristiwa tersebut (Nomura dkk., 2016).

Sementara dari sisi lingkungan, kontaminasi dari radiasi nuklir ini dapat dilihat dari kontaminasi sumber-sumber makanan manusia seperti hewan ternak dan sayur-sayuran. Pada tanggal 1 April 2012, *Ministry of Health, Labor and*

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

Welfare (MHLW) mengesahkan peraturan baru mengenai keamanan pangan. Peraturan ini menetapkan batas maksimum untuk kandungan cesium dalam berbagai jenis makanan, termasuk air minum (10 Bq/kg), susu (50 Bq/kg), makanan umum (100 Bq/kg), dan makanan bayi (50 Bq/kg). Dalam rentang waktu antara tanggal 1 April hingga 19 September 2012, pemerintah daerah setempat melakukan pengujian pada 105.913 sampel makanan, dimana setengah dari sampel tersebut berasal dari Fukushima Prefecture.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sekitar 12% dari total 1.360 jenis makanan mengandung cesium melebihi batas yang telah ditetapkan, dan setengah dari makanan-makanan tersebut berasal dari *Fukushima Prefecture* (Sarjiati, 2018). Hasil penelitian-penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa masalah ini tidak hanya bersifat lokal, tetapi juga memiliki implikasi internasional. Oleh karena itu, pemahaman tentang situasi ini dalam perspektif internasional diperlukan.

Sangat penting untuk memiliki hukum nuklir yang kuat di tingkat nasional dan internasional untuk memastikan penggunaan energi nuklir yang aman dan damai. Hukum nuklir mencakup semua aspek energi nuklir, terutama yang berkaitan dengan keselamatan, keamanan, pengawasan, dan tanggung jawab.

Mulai dari tahun 1920-an hingga 1950-an, organisasi internasional energi nuklir mulai muncul dengan fokus awal pada kerangka perlindungan radiologi. Pada tahun 1960-an, hukum nuklir menjadi lebih serius dengan fokus pada non-proliferasi nuklir, seperti zona bebas senjata nuklir, dan rezim tanggung jawab pihak ketiga nuklir. Selama tahun 1970-an, fokus tetap pada non-proliferasi nuklir. Upaya untuk meningkatkan kerangka hukum internasional didorong oleh pelajaran dari kecelakaan nuklir Three Mile Island pada tahun 1979 dan Chernobyl pada tahun 1986. Akibatnya, pada tahun 1980-1990-an, konvensi internasional diadopsi tentang manajemen darurat, keselamatan nuklir, keselamatan pengelolaan bahan bakar bekas dan limbah radioaktif, perlindungan fisik, perlindungan lingkungan, dan keterlibatan publik (Johnson & Burgee, 2024).

Pada saat yang sama, sistem tanggung jawab nuklir disesuaikan dengan zaman sekarang. Setelah serangan teroris di Amerika Serikat pada 11 September 2001, fokus komunitas internasional adalah meningkatkan keamanan nuklir dan sistem hukum untuk memerangi terorisme. Kecelakaan Fukushima Daiichi di Jepang pada tahun 2011 menjadi peringatan bagi negara-negara lain untuk meratifikasi semua konvensi yang terkait dengan hukum nuklir, jika belum dilakukan, dan memastikan bahwa konvensi tersebut diterapkan dengan benar dalam undang-undang negara mereka (Johnson & Burgee, 2024).

Kerangka hukum internasional yang mengatur pengelolaan nuklir terdiri dari berbagai perjanjian, konvensi, dan inisiatif yang bertujuan untuk memastikan penggunaan energi nuklir yang aman dan damai. Salah satu perjanjian utama adalah Perjanjian Non-Proliferasi Nuklir (NPT), yang mencegah penyebaran senjata nuklir, mendorong pelucutan senjata, dan memungkinkan penggunaan teknologi nuklir untuk tujuan damai. Organisasi seperti International Atomic Energy Agency (IAEA) berperan penting dalam mengawasi penggunaan energi nuklir secara aman dan damai, serta menetapkan standar keselamatan.

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

Konvensi Keselamatan Nuklir dan Konvensi Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Bahan Bakar Nuklir Bekas menetapkan standar internasional untuk keselamatan reaktor nuklir dan pengelolaan limbah radioaktif. Perjanjian Larangan Menyeluruh Uji Coba Nuklir (CTBT) melarang semua uji coba nuklir untuk mencegah pengembangan senjata nuklir lebih lanjut. Konvensi tentang

Perlindungan Fisik Bahan Nuklir mengatur perlindungan bahan nuklir dari risiko pencurian dan terorisme, sementara Konvensi tentang Bantuan dalam Kasus Kecelakaan Nuklir memastikan bantuan internasional dalam keadaan darurat nuklir.

Rezim tanggung jawab nuklir internasional, seperti Konvensi Wina dan Konvensi Paris, mengatur tanggung jawab hukum dan kompensasi bagi korban kecelakaan nuklir. Selain itu, inisiatif global seperti Inisiatif Global untuk Memerangi Terorisme Nuklir (GICNT) bertujuan untuk meningkatkan kapasitas global dalam mencegah dan merespon ancaman terorisme nuklir. Seluruh kerangka kebijakan ini bekerja sama untuk memastikan bahwa energi nuklir digunakan dengan aman dan bertanggung jawab, demi kepentingan umat manusia.

Beberapa dekade terakhir, penelitian ilmiah mengungkapkan kemajuan signifikan dalam pemahaman mengenai risiko radiasi bencana nuklir di Fukushima dan pengelolaan limbah radioaktifnya. Hasil-hasil penelitian terbaru menyoroti perkembangan pemahaman terkait efek jangka panjang radiasi radioaktif pasca peristiwa di Fukushima pada kesehatan manusia serta ekosistem. Studi-studi ini juga menyoroti pentingnya peran dunia internasional dalam menghadapi tantangan yang kompleks seperti ini. Dengan perkembangan ini, muncul pertanyaan-pertanyaan yang membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk memahami perspektif internasional dalam konteks Fukushima.

Di tengah kompleksitas permasalahan ini, permasalahan penelitian yang menonjol adalah bagaimana kita dapat secara efektif mengevaluasi risiko radiasi dan merancang strategi pengelolaan serta pembuangan limbah radioaktif di Fukushima dengan pertimbangan perspektif negara-negara internasional. Dalam hal pembuangan limbah, tantangan ini mencakup identifikasi metode yang tepat, aman, dan berkelanjutan yang juga mempertimbangkan dampak jangka panjangnya. Dengan banyaknya pemangku kepentingan internasional yang terlibat, pemahaman yang lebih mendalam tentang peran masing-masing aktor (dalam hal ini peran masyarakat sosial) serta kerja sama internasional dalam menghadapi isu pembuangan limbah radioaktif adalah sangat penting.

Dalam penelitian ini, hipotesis yang muncul adalah bahwa dengan memanfaatkan pendekatan yang mencakup perspektif internasional yang dituangkan dalam perubahan kebijakannya dalam evaluasi risiko radiasi dan pengelolaan limbah radioaktif, kita dapat merancang strategi pembuangan limbah radioaktif yang lebih efektif dan berkelanjutan. Hipotesis ini didasarkan pada keyakinan bahwa peran dunia internasional dan upaya bersama masyarakat dalam merumuskan solusi akan menjadi kunci dalam mengatasi tantangan kompleks terkait dengan pengelolaan dan pembuangan limbah radioaktif di Fukushima.

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

Tujuan utama dari artikel ilmiah ini adalah untuk memberikan analisis yang menyeluruh mengenai evaluasi risiko radiasi dan pengelolaan serta pembuangan limbah radioaktif di Fukushima ditinjau dari tindakan-tindakan yang diambil oleh dunia internasional. Artikel ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi yang konkret dalam menjamin kesehatan manusia dan ekosistem dalam skala internasional. Artikel ini diharapkan akan menjadi kontribusi penting dalam upaya global untuk mengatasi masalah ini dan untuk menjaga kelestarian kesehatan manusia dan ekosistem dalam perspektif internasional. Sebagai tambahan, artikel ini juga dimaksudkan sebagai panduan penting bagi para peneliti, pembuat kebijakan, dan individu yang peduli dengan isu-isu penting ini, terutama dalam hal pembuangan limbah radioaktif yang aman.

Method / Metode

Dalam penelitian ini terdapat konsep utama yang digunakan, yakni teori kebijakan internasional. Teori kebijakan internasional adalah disiplin yang mempelajari bagaimana negara-negara dan aktor internasional lainnya membuat keputusan dan merumuskan kebijakan di tingkat global. Teori ini mencakup berbagai pendekatan seperti realisme, yang menekankan kepentingan nasional dan kekuasaan; liberalisme, yang fokus pada kerjasama dan peran institusi internasional; konstruktivisme, yang menyoroti peran ide dan norma; serta teori-teori lain seperti Marxisme, teori kritis, dan feminisme, yang menawarkan perspektif tentang dinamika kekuasaan, ekonomi, dan gender dalam hubungan internasional. Setiap pendekatan memberikan wawasan unik tentang proses pengambilan keputusan dan implementasi kebijakan di arena global.

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kualitatif untuk mengevaluasi risiko dan pengelolaan limbah radioaktif Fukushima dengan fokus pada melindungi kesehatan manusia dan ekosistem dan pengelolaannya melalui perubahan kebijakan dunia internasional. Desain penelitian yang digunakan adalah studi kasus yang komprehensif untuk mendalami secara rinci konteks dan dampak bencana nuklir Fukushima, serta mengeksplorasi berbagai aspek yang terkait dengan risiko dan pengelolaan limbah radioaktif. Pengumpulan data dilakukan melalui pencarian dokumen dari berbagai sumber seperti internet, literatur buku, laporan dan dokumen resmi pemerintah, serta jurnal ilmiah yang relevan dengan bencana nuklir Fukushima, termasuk laporan kebijakan, temuan ilmiah, dan dokumen berbasis teks yang berkaitan dengan risiko nuklir dan pengelolaan limbah radioaktif.

Instrumen penelitian utama adalah analisis dokumen, di mana data yang dikumpulkan akan dianalisis secara kualitatif dengan teknik analisis isi untuk menguraikan temuan dan konsep-konsep kunci yang berkaitan dengan risiko nuklir dan pengelolaan limbah radioaktif. Validitas temuan akan dijaga melalui triangulasi data, yaitu membandingkan temuan dari berbagai sumber literatur untuk memastikan konsistensi dan validitas analisis, sementara reliabilitas akan diperkuat dengan dokumentasi dan pelacakan proses analisis yang transparan.

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

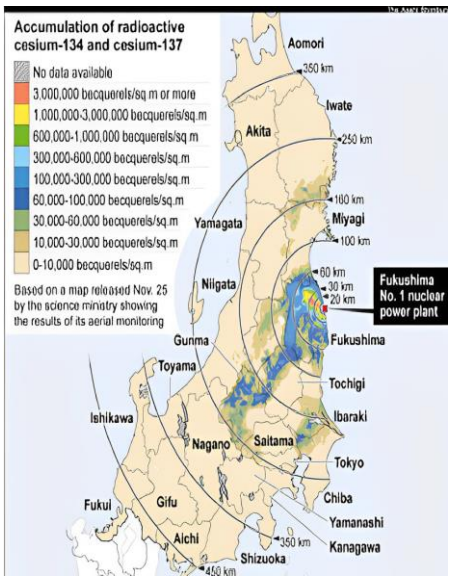
Metode penelitian ini akan memberikan pemahaman yang mendalam tentang risiko dan pengelolaan limbah radioaktif Fukushima dari berbagai perspektif yang ditemukan dalam literatur dan dokumen yang telah diakses, dalam konteks perspektif internasional.

Result and Discussion / Hasil dan Pembahasan

Dampak Penyebaran Limbah Radioaktif Fukushima Terhadap Manusia dan Lingkungan

Pada tanggal 25 November 2011, hasil penelitian yang dipublikasikan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Olahraga, Ilmu Pengetahuan, dan Teknologi (MEXT) menunjukkan bahwa kadar zat radioaktif yang tertinggi, termasuk 134Cs dan 137Cs, terdeteksi di Hitachinaka, Prefektur Ibaraki, dengan tingkat mencapai 40.801 Bq/m2. Temuan serupa juga tercatat di berbagai wilayah, seperti Prefektur Yamagata dengan kandungan zat radioaktif sebanyak 22.570 Bq/m2, distrik Shinjuku di Tokyo mencapai 17.354 Bq/m2, serta beberapa daerah lainnya di Prefektur Uto Kumamoto, Osaka, Chugoku, Kyushu, Nagano, Chiba, Gunma, Niigata, dan Tochigi. Penting dicatat bahwa air hujan menjadi salah satu sarana penyebaran zat radioaktif yang dilepaskan oleh reaktor nuklir Fukushima (Sarjiati, 2018).

Gambar 1. Peta Distribusi Zat Radioaktif di Jepang



Sumber: Sarjiati 2018

Koide Hiroaki, seorang ahli nuklir dari Universitas Kyoto telah memberikan peringatan tentang bahaya energi nuklir sebelum terjadinya peristiwa bencana di Fukushima. Beliau menyampaikan argumennya dalam dua bukunya yang berjudul, "*Going Beyond the Realities of Radioactive Contamination*" yang ditulis pada

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

tahun 1992 dan "*Genpatsu no Uso*" (*The Lies of Nuclear Power*) yang ditulis setelah bencana Fukushima. Dalam bukunya, Koide menyebutkan bahwa ledakan di reaktor Fukushima nomor 4 mengakibatkan tingkat kontaminasi zat cesium menjadi 14.000 kali lebih besar jika dibandingkan dengan ledakan yang disebabkan oleh bom atom di Hiroshima.

Pernyataan dari *Tokyo Electric Power Co* (TEPCO) yang menyebutkan bahwa sejak tahun 2011 mereka telah melakukan pembuangan air limbah radioaktif sekitar 300 ton air setiap harinya ke laut, kemudian diketahui menjadi penyebab pencemaran zat radioaktif pada air dan produk laut. Meskipun begitu, TEPCO bersama pemerintah menyatakan bahwa dampak pencemaran radioaktif dalam dosis rendah ini dianggap tidak akan membahayakan kesehatan sebab jumlah pembuangan yang dilakukan tidak melebihi batas keamanan yang ditetapkan oleh pemerintah. Akan tetapi, beberapa peneliti memiliki pendapat yang berbeda dengan pihak Jepang di mana mereka mencatat bahwa jumlah limbah radioaktif yang dibuang oleh TEPCO sebesar 300 ton per hari belum termasuk limbah yang terkendala akibat kebocoran pipa reaktor nuklir sehingga dapat digarisbawahi perbedaan pendapat dalam penilaian dampak lingkungan dan kesehatan manusia akibat bencana nuklir Fukushima (Sarjiati, 2018).

1. Kontaminasi Bahan Pangan yang Berakibat pada *Food Supply Chain*

Setelah bencana Fukushima, pada tanggal 1 April 2012, Kementerian Kesehatan, Tenaga Kerja, dan Kesejahteraan (MHLW) menetapkan standar keamanan pangan yang berbeda untuk berbagai jenis makanan. Standar ini mencakup batas maksimum kandungan cesium, yaitu 100 Bq/kg untuk makanan umum, 50 Bq/kg untuk makanan bayi, 50 Bq/kg untuk susu, dan 10 Bq/kg untuk air minum (Citizens' Nuclear Information Center, 2015).

Gambar 2. Tabel Standar Keamanan Pangan yang Ditetapkan oleh MHLW

New standards for radioactive cesium
From April 1, 2012

Food group	Standard (Bq/kg)
General foods	100
Infant foods	50
Milk	50
Drinking water	10

Standards including radioactive strontium, plutonium, etc, set.

Sumber: Citizens' Nuclear Information Center 2015

Namun, hasil pengujian makanan yang dilakukan oleh pemerintah lokal dan juga oleh perusahaan, NGO, dan individu dari tanggal 1 April hingga 19 September 2012 menunjukkan bahwa beberapa jenis makanan yang diuji, yakni sekitar 12% dari 1.360 jenis makanan terbukti mengandung cesium melebihi batas yang ditetapkan di mana setengahnya berasal dari *Fukushima Prefecture*.

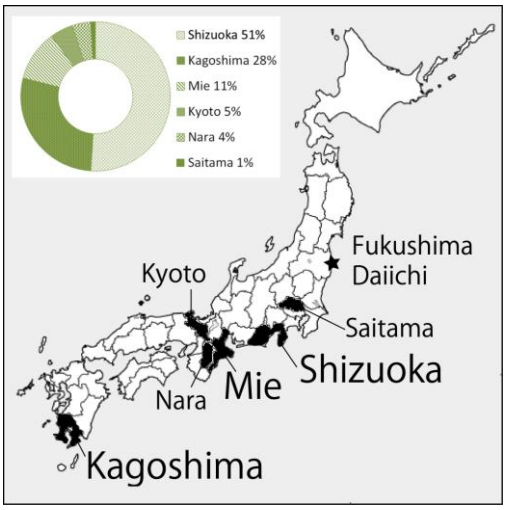
DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

Pengujian makanan laut yang dilakukan pada lima supermarket besar oleh Greenpeace menunjukkan bahwa terdapat kandungan cesium sekitar 88 Bb/kg pada 34 sampel yang masih berada di bawah standar yang ditetapkan oleh pemerintah. Meskipun demikian, Greenpeace menekankan tingkat pencemaran radioaktif sekecil apapun dinilai dapat memberikan risiko pada kesehatan.

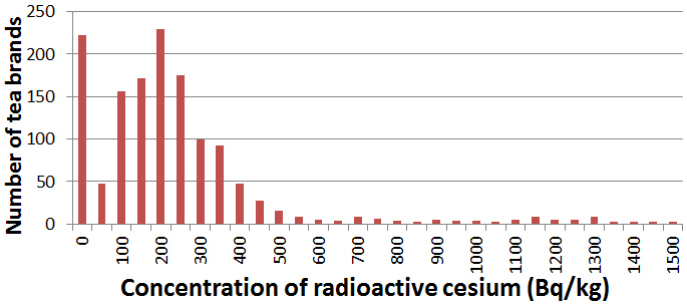
Secara nasional, rantai pasokan pangan di Jepang telah terganggu akibat adanya paparan radiasi. Salah satu pemasok produk pertanian terbesar ke Tokyo adalah *Fukushima Prefecture*. Baik penduduk setempat maupun penduduk daerah lain memiliki kekhawatiran akan adanya kontaminasi makanan di daerah yang dekat dengan reaktor nuklir Fukushima. Selain itu, beberapa daerah di Jepang yang merupakan salah satu produsen bubuk teh matcha seperti *Ibaraki, Tochigi, Shizuoka, Chiba, Saitama*, dan *Kanagawa Prefecture* dilarang melakukan ekspor ke Perancis selama periode April 2011 hingga Maret 2012 sebab terbukti mengandung zat radioaktif (Citizens' Nuclear Information Center, 2015).

Gambar 3. Peta Daerah Penghasil Teh di Jepang



Sumber: Citizens' Nuclear Information Center 2015

Gambar 4. Konsentrasi Cesium Radioaktif dalam Daun Teh Kering di Saitama Prefecture



Sumber: Citizens' Nuclear Information Center 2015

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

2. Kontaminasi Cesium Radioaktif Terhadap Air dan Ikan

Sedimen di dasar laut memegang peranan penting dalam menahan zat-zat radioaktif yang melekat pada partikel-partikel dan berfungsi sebagai tempat penampungan kontaminan bagi makhluk-makhluk yang hidup dan makan di dasar laut. Mereka juga dapat menjadi sumber kontaminan dalam jangka panjang melalui pengangkatan kembali partikel-partikel halus yang mengandung zat radioaktif, pergerakan oleh aktivitas biologis, dan hilangnya zat radioaktif yang larut dalam air di dalam sedimen.

Setelah pelepasan radioaktif dari Pembangkit Listrik Nuklir Fukushima Daiichi (FDNPP), dilakukan pengambilan sampel sedimen di dasar laut dan analisis radionuklida sebagai bagian dari program pemantauan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Olahraga, Ilmu Pengetahuan, dan Teknologi serta program pemantauan oleh TEPCO. Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan berbagai alat, seperti sampel permukaan dan multikor, yang bisa menembus sedimen hingga kedalaman tertentu, mulai dari kurang dari 3 cm hingga lebih dari 20 cm. Hasil analisis menunjukkan bahwa sedimen di dasar laut di sepanjang pantai timur Jepang mengandung unsur radioaktif 134Cs dan 137Cs dalam jumlah yang signifikan (Buesseler dkk., 2017).

Setelah zat-zat radioaktif dilepaskan ke lingkungan, mereka bisa dengan cepat masuk ke dalam tubuh organisme laut, baik melalui air laut maupun melalui makanan yang mereka konsumsi. Biasanya, kita mengukur kadar Cesium (Cs) di bagian daging ikan yang biasa kita makan, karena unsur Cs lebih banyak terkumpul di daging ikan. Karena daging inilah yang memiliki bobot terbesar dalam tubuh ikan, analisis ini memberikan perkiraan yang baik tentang jumlah total Cs dalam ikan dan nilainya yang paling relevan bagi manusia yang mengkonsumsinya.

Beberapa minggu setelah kecelakaan Fukushima, aktivitas Cs yang relatif tinggi, bahkan mencapai beberapa ratus ribu becquerel per kilogram berat basah (ww), ditemukan dalam beberapa jenis ikan yang tertangkap di perairan pesisir Fukushima. Pada tahun 2011, sekitar setengah dari ikan yang diambil sampelnya di perairan pesisir Fukushima memiliki tingkat radiasi di atas 100 Bq/kg, dan sekitar 10% di bawah batas deteksi sekitar 7 Bq/kg. Namun, pada tahun 2015, situasinya berubah di mana kurang dari 1% hasil pengukuran pada ikan menunjukkan tingkat radiosium di atas 100 Bq/kg, dan sekitar 80% hasil pengukuran di bawah batas deteksi (Tokyo Electric Power Company Holdings, 2020). Data seperti ini digunakan untuk menentukan larangan penangkapan ikan yang direkomendasikan oleh pemerintah Jepang, yang sekarang mulai dicabut untuk beberapa daerah dan jenis ikan karena aktivitas Cs telah turun di bawah batas regulasi.

Secara umum, ikan yang hidup dan makan di dekat dasar laut memiliki aktivitas Cs yang lebih tinggi daripada ikan yang hidup di perairan terbuka, dan ikan di Prefektur Fukushima memiliki tingkat yang lebih tinggi daripada ikan di prefektur lain di utara atau selatan dari Pembangkit Listrik Nuklir Fukushima Daiichi (FDNPP). Beberapa kadar Cs tertinggi yang ditemukan dalam ikan di perairan pesisir (25.800 Bq/kg ww) terukur pada dua jenis ikan tenggiri yang

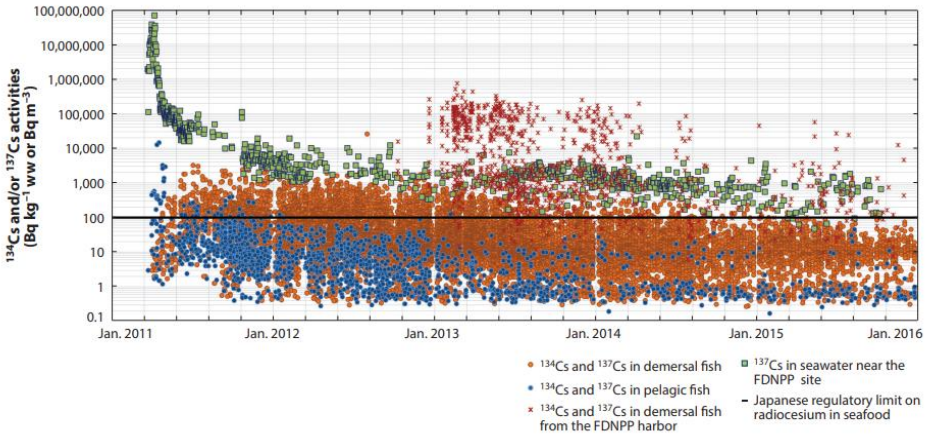
DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

tertangkap dekat Sungai Ota pada Agustus 2012 dan diduga telah bermigrasi dari pelabuhan FDNPP.

Beberapa ikan yang tertangkap di dalam pelabuhan tetap terkontaminasi bahkan 5 tahun setelah kecelakaan dan sekarang dihalangi keluar dari area yang terkontaminasi dengan jaring. Kadar Cs yang tinggi dan tetap tinggi ini kemungkinan disebabkan oleh dekatnya ikan dengan reaktor FDNPP yang bocor dan sedimen yang sangat terkontaminasi di area pelabuhan. Untuk perbandingan, setelah kecelakaan di Pembangkit Listrik Nuklir Chernobyl (CNPP), konsentrasi 137Cs berkisar antara 30.000 hingga 180.000 Bq/kg ww dilaporkan pada ikan air tawar di dekat CNPP. Semua data ikan yang dikumpulkan setelah pelepasan awal dari FDNPP menunjukkan variasi aktivitas Cs yang tinggi pada tanggal dan Lokasi tertentu, yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk variasi di laut (baik air maupun sedimen), habitat ikan, diet ikan, ukuran ikan (aktivitas Cs dikenal meningkat seiring dengan ukuran ikan yang bertambah besar), mobilitas ikan, dan sejarah paparan yang dialami oleh ikan tersebut.

Gambar 5. Aktivitas Cesium Radioaktif dalam berbagai jenis ikan di pesisir beberapa prefektur Jepang



Sumber: Buesseler, dkk 2017

Gambar diatas menunjukkan aktivitas total cesium 134Cs dan 137Cs dalam berbagai jenis ikan pelagik dan demersal yang berasal dari perairan pesisir beberapa prefektur Jepang (Aomori, Chiba, Fukushima, Hokkaido, Ibaraki, Iwate, dan Miyagi), serta dari pelabuhan Pembangkit Listrik Nuklir Fukushima Daiichi (FDNPP) seiring dengan berjalannya waktu. Selain itu, terdapat data aktivitas 137Cs dalam air laut yang diambil di dekat FDNPP. Garis hitam menunjukkan batas regulasi Jepang untuk radiosium total dalam produk perikanan [100 Bq/kg berat basah (ww)]. Ikan pelagik termasuk sarden, kepala batu, sauri, teri, dori, *icefish,* julung-julung, *ammodytidae,* herring, makerel, dan *yellowtail* (*amberjack*); sementara ikan demersal termasuk ikan sebelah, kod, *conger eel*, *pollock, greenling*, ling, sungut ganda, *halibut*, ikan batu, *jacopever*, *skate, plaice*, dan *sole*.

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

3. Dampak Radiasi Radioaktif Terhadap Manusia

Beberapa unsur radioaktif seperti 137Cs dan 134Cs melepaskan sinar radiasi yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui paparan internal dan eksternal. Paparan internal terjadi memasuki tubuh melalui makanan, minuman, atau saat bernapas melalui hidung. Sementara paparan eksternal memasuki tubuh melalui sentuhan langsung dengan kulit. Beberapa unsur radioaktif mudah terserap oleh tubuh dan tetap berada di dalamnya. Gen mati, rusak, atau bahkan mengalami mutasi merupakan beberapa dampak yang ditimbulkan dari unsur radioaktif. Radiasi nuklir dikatakan berbahaya sebab kita tidak bisa merasakannya dengan indera kita dan gejala mungkin muncul dalam waktu beberapa hari, minggu, bulan, tahun, atau bahkan beberapa tahun setelahnya. Muntah, kerontokan rambut, mual, kelelahan, dan diare adalah beberapa gejala yang umumnya muncul dan tergantung pada tingkat paparan radiasi. Selain itu, kanker dan leukimia juga merupakan risiko yang mungkin didapatkan akibat radiasi nuklir (Sarjiati, 2018).

Dampak radiasi nuklir pada kesehatan merupakan topik perdebatan di kalangan para ahli. Penelitian yang dilakukan pada tahun 2013 oleh *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR) menunjukkan bahwa radiasi nuklir di Fukushima tidak berdampak signifikan pada kesehatan manusia. Namun, beberapa ahli dari PBB mempertanyakan hasil penelitian ini dan meminta agar UNSCEAR mengkaji ulang temuannya (Human Rights Now, 2013). Di sisi lain, pada Februari 2013, *World Health Organization* (WHO) merilis laporan yang menyatakan bahwa jumlah penduduk yang mungkin terkena kanker di *Fukushima Prefecture* diperkirakan akan meningkat akibat paparan radiasi nuklir sehingga sangat diperlukan monitoring jangka panjang (Verlini, 2013).

Respon Publik Terhadap Dampak Radiasi Radioaktif Fukushima dan Perubahan Kebijakan Nuklir di Jepang Sebagai Bentuk Respon Pemerintah

Tidak ada gerakan nasional yang menentang tenaga nuklir sebelum kecelakaan Fukushima terjadi. Kota-kota miskin dan terpencil yang setuju untuk menjadi tuan rumah pembangkit listrik tenaga nuklir pada umumnya akan menerima dana besar dari operator pembangkit listrik tenaga nuklir, serta infrastruktur baru. Sebagian besar dari dana ini akan dikirimkan pada saat perencanaan dan konstruksi, meskipun kota-kota tersebut memperoleh banyak karyawan bergaji tinggi dan pendapatan pajak. Namun demikian, survei publik mengungkapkan secara umum bahwa tingkat dukungan yang tinggi terhadap energi nuklir sampai kecelakaan nuklir di *Chernobyl* dan *Three Mile Island* pada tahun 1979 dan 1986 memberikan dorongan pada gerakan anti-nuklir (Andrews, 2020).

Adanya ketidakpastian terhadap bencana nuklir Fukushima kemudian menstimulasi munculnya berbagai kompleksitas dan pertentangan untuk dapat mendefinisikan risiko dari nuklir. Timbulnya situasi yang tidak pasti merupakan salah satu dampak terhadap Kerusakan lingkungan dan kehidupan manusia akibat

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

bencana nuklir Fukushima. Informasi yang simpang siur antara birokrat, NGO, media massa, TEPCO dan Ilmuwan menjadi penyebab kepanikan serta kebingungan masyarakat. Koordinasi yang tidak cukup efektif dalam menangani kecelakaan reaktor nuklir antara pihak TEPCO dan pemerintah kemudian menjadi faktor penyebab munculnya ketidakpercayaan publik terhadap pemerintah dalam menangani bencana nuklir Fukushima.

Terdapat beberapa strategi yang dilakukan oleh masyarakat dalam menghadapi ancaman nuklir Fukushima. Salah satunya yakni mengungsi ke daerah dengan tingkat risiko yang lebih rendah, memilih makanan yang hanya berasal dari daerah tertentu, dan memprediksi adanya radiasi nuklir di kawasan tertentu yang tidak terlepas dari peran teknologi informasi dalam membantu masyarakat untuk dapat menyebarkan dan mengumpulkan informasi yang terkait dengan bencana nuklir Fukushima. Hal ini lebih lanjut dapat menjadi salah satu faktor yang dapat menggerakkan massa untuk melakukan gerakan anti-nuklir sebagai implementasi dari adanya hasil pemahaman baru mengenai risiko energi nuklir. Selain itu, wujud respon publik terhadap fenomena tersebut dapat dilihat dari munculnya gerakan anti-nuklir pasca bencana nuklir Fukushima serta *citizen science* (Sarjiati, 2018).

Jepang telah berkomitmen pada beberapa target pengurangan emisi gas rumah kaca (GHG) di masa lalu, yakni pada Protokol Kyoto pada tahun 1997, COP15 pada tahun 2009, Inisiatif Hatoyama pada tahun 2020, dan COP19 pada tahun 2013. Kementerian Ekonomi, Perdagangan, dan Industri (METI) merilis Rencana Energi Dasar Nasional Ketiga pada bulan Oktober 2010, sesaat sebelum kecelakaan Fukushima. Dalam Rencana ini, tenaga nuklir diposisikan sebagai sumber energi yang penting untuk aspek keamanan energi. Hal ini karena sebagian besar sumber energi utama Jepang saat ini, seperti minyak, batubara, dan gas alam, diimpor dari luar negeri (Aoyagi, 2021).

Bencana Nuklir Fukushima juga sekaligus menjadi tantangan bagi pemerintah Jepang untuk dapat menjelaskan sebab terjadinya kecelakaan, meningkatkan infrastruktur peraturan, reformasi mengenai tata kelola keselamatan nuklir untuk dapat memperoleh kembali kepercayaan masyarakat. Kelemahan dalam sistem peraturan Jepang teridentifikasi setelah Fukushima mendorong pemerintah mengumumkan pada bulan Agustus 2011 bahwa mereka akan mengembangkan struktur peraturan baru. Pembentukan *Nuclear Regulation Authority* (NRA) menjadi aktor kunci dalam tata kelola keselamatan dan keamanan nuklir di Jepang.

NRA mempunyai tanggung jawab penuh atas keselamatan, keamanan dan perlindungan nuklir, serta pemantauan radiasi dan penggunaan isotop radioaktif. Setelah sukses menggantikan keberadaan *Nuclear and Industrial Safety Agency* (NISA) dan *Nuclear Safety Commission* (NSC) yang sebelumnya eksis, NRA dirancang untuk memisahkan fungsi regulasi nuklir dan promosi nuklir. NRA mempunyai tanggung jawab penuh atas keselamatan, keamanan dan perlindungan nuklir, serta pemantauan radiasi dan penggunaan isotop radioaktif. Badan ini memiliki wewenang penuh atas peraturan keselamatan, termasuk penerbitan izin dan persetujuan.

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

Dua perubahan lainnya sangat penting adalah jalur pelaporan dari regulator nuklir ke METI dan Badan Sumber Daya Alam dan Energi di bawahnya dihapuskan serta perubahan lainnya dapat dilihat dari peran Komisi Energi Atom Jepang yang dikurangi dari mempromosikan tenaga nuklir menjadi mengelola plutonium negara tersebut. Langkah-langkah ini secara signifikan mengurangi pengaruh NRA dari lembaga-lembaga yang berkepentingan untuk mempromosikan energi nuklir. Pada saat yang sama, pengaruh Federasi Perusahaan Tenaga Listrik terhadap METI dan regulatornya telah berkurang secara drastis, begitu pula perannya dalam shingikai, yaitu dewan musyawarah yang memberikan nasihat kepada pemerintah mengenai kebijakan (Andrews, 2020).

Perubahan Kebijakan Nuklir Dunia Internasional Pasca Bencana Fukushima

Pasca kecelakaan nuklir Fukushima di Jepang, semua negara yang memiliki pembangkit listrik tenaga nuklir segera mengambil tindakan atau mengumumkan penyesuaian kebijakan pembangunan nuklir berdasarkan status pengembangan nuklir domestik dan kebijakan nuklir saat ini. Dalam proses tersebut, berbagai negara menerapkan strategi penanganan yang berbeda. Perubahan kebijakan nuklir dunia setelah kecelakaan nuklir Fukushima dapat secara kasar dibagi menjadi empat kategori: 1) melanjutkan pengembangan tenaga nuklir, 2) memanfaatkan pembangkit listrik tenaga nuklir yang sudah ada, 3) secara bertahap mengurangi penggunaan tenaga nuklir, dan 4) secara bertahap menghentikan penggunaan tenaga nuklir (Ming dkk., 2016).

Pasca kecelakaan Fukushima, hanya beberapa negara yang mengusulkan pengurangan dan penghapusan tenaga nuklir setelah kecelakaan Fukushima, terutama Jerman dan Jepang. Jerman menutup 8 unit nuklir yang dibangun pada abad ke-20 setelah kecelakaan Fukushima dan diprediksi bahwa Jerman akan terus menutup unit nuklir dan mengurangi keterlibatan dalam tenaga nuklir. Di sisi lain, Jepang mengusulkan "pengurangan tenaga nuklir" di dalam negeri, tetapi mereka mempromosikan unit nuklir mereka di luar negeri, contohnya, Hitachi membeli perusahaan tenaga nuklir Horizon di Inggris pada Oktober 2012. Oleh karena itu, dapat diprediksi bahwa Jepang lebih cenderung untuk memulihkan tenaga nuklir.

Selain itu, Negara-negara dengan kekuatan nuklir dunia terus mengembangkan tenaga nuklir. Setelah kecelakaan Fukushima di Jepang, Amerika, Prancis, Rusia, Kanada, dan Korea terus mengembangkan tenaga nuklir. Oleh karena itu, negara-negara ini diharapkan akan melanjutkan rencana pengembangan nuklir sebelumnya dan terus membangun pembangkit listrik tenaga nuklir baru. Selain itu, negara-negara ini akan meningkatkan pekerjaan pemeriksaan keamanan tenaga nuklir dan meningkatkan teknologi keamanan nuklir. Negara-negara berkembang juga diprediksi akan mempercepat pengembangan tenaga nuklir seperti China, India, Afrika Selatan, Brasil, dan Argentina.

Sebagian besar negara Eropa akan terus meningkatkan investasi mereka dalam tenaga nuklir, seperti Inggris, Swedia, Belanda, Ukraina, Spanyol, Slovakia, Rumania, Hongaria, Bulgaria, dan lainnya. Negara-negara ini menunjukkan bahwa

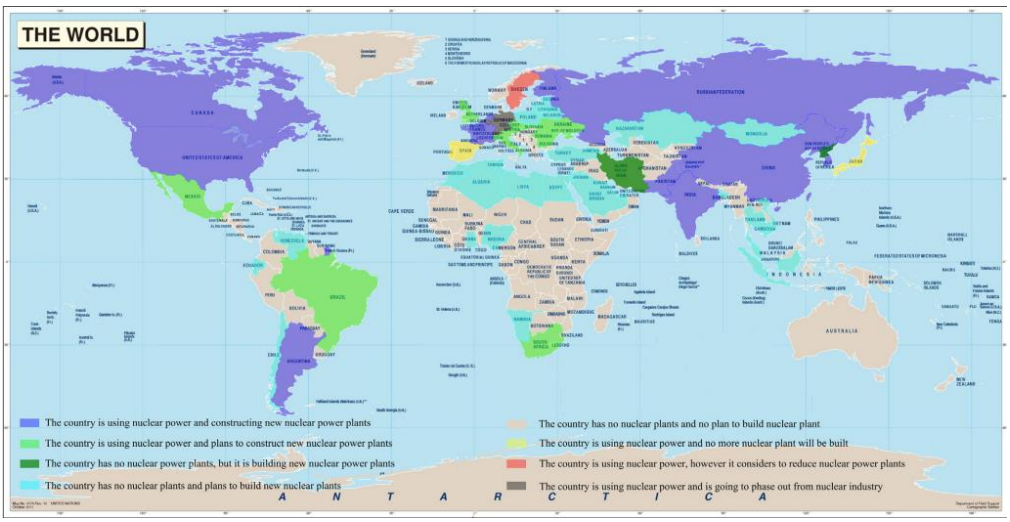
DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

mereka tidak akan segera menghentikan tenaga nuklir setelah kecelakaan Fukushima dan melanjutkan rencana pengembangan asli mereka. Selain itu, negara-negara ini juga lebih fokus pada keselamatan nuklir.

Sementara Negara-negara yang kekurangan energi atau harus meningkatkan infrastruktur energi diprediksi akan mengusulkan pengembangan tenaga nuklir, seperti Polandia, Pakistan, Vietnam, Thailand, Indonesia, Bangladesh, Belarus, Kazakhstan, Turki, Nigeria, dan lainnya. Hal ini sebab Negara-negara ini dinilai tidak terpengaruh oleh kecelakaan nuklir, yang mana tentu setelah pertimbangan komprehensif, mereka percaya bahwa tenaga nuklir memiliki arti besar bagi perekonomian dan oleh karena itu terus merencanakan pengenalan teknologi nuklir.

Gambar 6. Nuklir di Dunia Internasional Pasca Kecelakaan Nuklir Fukushima



Sumber: Ming, dkk 2016

Solusi Pengelolaan Limbah Radioaktif untuk Melindungi Manusia dan Meminimalisir Risiko Kerusakan Lingkungan

Terdapat dua faktor pendorong utama dalam pengembangan tenaga nuklir. Pertama, kebutuhan akan tenaga nuklir untuk menggerakkan ekonomi negara terkait; yang kedua adalah kebutuhan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca guna mengatasi dampak pemanasan global. Karena kedua kebutuhan ini bersifat jangka panjang dan memiliki dampak yang signifikan, pengembangan tenaga nuklir harus tetap dilanjutkan, meskipun terjadi kecelakaan Fukushima. Dengan kata lain, dampak kecelakaan Fukushima terhadap perkembangan tenaga nuklir global dapat dianggap sebagai goncangan singkat, dan kecenderungan pengembangan tenaga nuklir global secara keseluruhan tidak akan berubah. Namun, kecelakaan tersebut memiliki dampak negatif. Sebagai contoh, kecelakaan

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

ini mengakibatkan perlambatan pengembangan tenaga nuklir, dan laju pengembangan secara nyata menurun di daerah-daerah di mana masyarakat dengan tegas menentang penggunaan tenaga nuklir. Sebagai akibatnya, standar keselamatan untuk tenaga nuklir global akan meningkat (Ming dkk., 2016).

Dalam kerangka hukum internasional, sangat sulit menuduh Jepang melakukan kerusakan lintas batas karena tidak ada konvensi global yang mengatur tanggung jawab atas kerusakan pencemaran lintas batas, hanya beberapa prinsip hukum umum. Pada saat yang sama, karena efek negatif dari polusi nuklir tidak akan terungkap hingga bertahun-tahun ke depan, sulit untuk memenuhi persyaratan kerusakan substansial. Isu pencemaran lingkungan laut yang terlibat dalam air terkontaminasi nuklir kurang sensitif secara politis, dan perselisihan yang timbul dari seluruh pencemaran lingkungan laut bukan merupakan perselisihan bilateral dan memenuhi syarat untuk yurisdiksi penasehat dari sebuah tribunal internasional (Chang dkk., 2022).

Selain itu, dari perspektif jangka panjang, perlu disusun sebuah konvensi global mengenai tanggung jawab atas kerusakan lintas batas. Pada tahap ini, pembatasan hukum lingkungan internasional sebagian besar bergantung pada instrumen hukum internasional yang bersifat lunak daripada perjanjian hukum yang mengikat secara hukum. Oleh karena itu, penyusunan konvensi global mengenai tanggung jawab atas kerusakan lintas batas mungkin menjadi solusi yang baik untuk mengatasi krisis. Konvensi tersebut harus mengandung ketentuan-ketentuan mengenai syarat tanggung jawab, metode penilaian kerusakan, mekanisme penyelesaian perselisihan, dan kerangka organisasi untuk mempromosikan pelaksanaan kewajiban Negara. Di bawah bimbingan konvensi, kerangka organisasi yang disebutkan di atas dapat dibentuk berdasarkan mekanisme saat ini dari Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa.

Selain itu, organisasi internasional yang sudah berkomitmen untuk mencegah polusi nuklir, seperti Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) dan Organisasi Maritim Internasional (IMO), harus mengakui pentingnya kerjasama, memperkuat kontak, dan bersama-sama menciptakan mekanisme global untuk pencegahan dan pengendalian polusi. Sebagai salah satu organisasi yang menginisiasi kodifikasi Standar Keamanan IAEA, IMO seharusnya mempertimbangkan kerjasama dengan IAEA dan organisasi lain untuk membentuk kelompok ahli internasional guna melakukan penilaian risiko dan mengawasi pembuangan air terkontaminasi nuklir ke laut, membangun mekanisme transparan untuk pengawasan dan berbagi informasi, serta menangani air terkontaminasi nuklir Jepang dengan cara yang dapat diterima oleh komunitas internasional, mempertahankan tujuan UNCLOS, Konvensi London, dan Protokol 1996 untuk Konvensi London.

Untuk berhasil mencapai tujuan-tujuan ini, kunci terletak pada kesadaran bersama antara Negara bahwa masalah lingkungan mempengaruhi lebih dari satu Negara dan bahwa karena sifat lintas batasnya, tidak mungkin untuk menyelesaikan masalah polusi lingkungan yang kompleks dengan mengandalkan kekuatan satu Negara saja. Pengumuman Jepang yang bersifat satu pihak dan

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Arajang : Jurnal Ilmu Sosial Politik
Volume 6. No. 2. (2023), hlm 73-90
ISSN Online: 2621-6906
Journal Homepage : https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/arajang

tanpa izin bahwa akan membuang air terkontaminasi nuklir telah dikecam keras oleh semua Negara, tepatnya karena Jepang tidak sepenuhnya menyadari bahwa tindakan ini tidak dapat lagi diatribusikan kepada penggunaan kedaulatan, dan pada kenyataannya, pembuangan air yang terkontaminasi secara radioaktif akan membahayakan hak dan kepentingan Negara-negara tetangga lainnya dalam penggunaan normal laut.

Oleh karena itu, pendekatan yang benar yang harus diikuti oleh Jepang adalah dengan aktif melaporkan kebocoran nuklir kepada Negara-negara rentan dan organisasi internasional terkait dengan tepat, akurat, dan lengkap. Sebelum membuat keputusan besar untuk membuang polutan ke laut, Jepang seharusnya berkonsultasi dengan Negara-negara dan organisasi terkait untuk mencari pengertian dan kerjasama internasional guna solusi yang lebih baik, yang tidak hanya akan membantu Jepang pulih dari krisis nuklir secepat mungkin tetapi juga, yang lebih penting, akan melindungi lingkungan laut global dari pelanggaran.

Conclusion / Kesimpulan

Berdasarkan analisis risiko dan pengelolaan limbah radioaktif pasca-bencana nuklir Fukushima, penelitian ini menyimpulkan bahwa dampaknya mencakup tingkat pencemaran radioaktif yang signifikan di beberapa wilayah, terutama di Hitachinaka, Prefektur Ibaraki. Meskipun standar keamanan pangan diterapkan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sejumlah besar makanan, terutama dari Fukushima, masih mengandung cesium melebihi batas. Selain itu, kontaminasi laut mempengaruhi ikan di pelabuhan tertentu, menyulitkan pemulihan ekosistem. Penelitian ini memperlihatkan bahwa ketidakpastian dan kompleksitas risiko nuklir memicu respons masyarakat, seperti pemilihan makanan dari daerah aman dan penggunaan teknologi informasi untuk menyebarkan informasi. Gerakan anti-nuklir dan *citizen science* pun muncul sebagai bagian dari respons terhadap bencana tersebut.

Dampak global dari kecelakaan nuklir Fukushima mengarah pada perubahan dalam kebijakan tenaga nuklir di berbagai negara. Meskipun terjadi perlambatan dalam pengembangan tenaga nuklir dan peningkatan standar keselamatan global, respons negara-negara masih terbagi menjadi empat kategori utama. Negara-negara seperti Jerman dan Jepang mengusulkan pengurangan dan penghapusan tenaga nuklir, sementara yang lain tetap fokus pada pengembangan. Kesadaran bersama, penyusunan konvensi global, dan kerjasama internasional diidentifikasi sebagai kunci untuk mengelola dampak lintas batas dari kecelakaan nuklir dan melindungi lingkungan laut secara global. Dengan demikian, penelitian ini memberikan wawasan mendalam dan rekomendasi konkret untuk peneliti dan pembuat kebijakan dalam menangani masalah ini secara internasional.

Berdasarkan analisis risiko pasca-bencana nuklir Fukushima, penting untuk meningkatkan standar keamanan pangan dan pengujian rutin, serta melakukan monitoring intensif dan program restorasi ekosistem laut yang terdampak. Transparansi informasi dan kampanye pendidikan publik juga harus diperkuat, disertai dukungan bagi gerakan anti-nuklir dan *citizen science*. Selain itu, kebijakan energi nasional perlu dievaluasi ulang dengan peningkatan standar keselamatan

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

nuklir global dan kerjasama internasional yang lebih kuat. Pengembangan konvensi global serta inisiatif bersama dalam pengelolaan risiko nuklir juga sangat penting untuk mengatasi dampak lintas batas dan melindungi lingkungan secara global.

References / Referensi

Aoyagi, M. (2021). The impact of the Fukushima accident on nuclear power policy in Japan. Dalam *Nature Energy* (Vol. 6, Nomor 4). https://doi.org/10.1038/s41560-021-00818-5

Andrews, P. S. (2020). Governing nuclear safety in Japan after the Fukushima nuclear accident: incremental or radical change? (Vol. 38, Nomor 2). https://doi.org/10.1080/02646811.2020.1741990

Buesseler, K., Dai, M., Aoyama, M., Benitez-Nelson, C., Charmasson, S., Higley, K., Maderich, V., Masqué, P., Morris, P. J., Oughton, D., & Smith, J. N. (2017). Fukushima Daiichi-Derived Radionuclides in the Ocean: Transport, Fate, and Impacts. *Annual Review of Marine Science*, *9*(1). https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060733

Citizens' Nuclear Information Center. (2015). Radioactive Contamination of Japanese Tea after the Fukushima Nuclear Accident Nuke Info Tokyo No. 152 – Citizens' Nuclear Information Center. Diakses tanggal 29 Oktober 2023. https://cnic.jp/english/?p=2737

Chang, Y. C., Zhao, X., & Han, Y. (2022). Responsibility under international law to prevent marine pollution from radioactive waste. *Ocean and Coastal Management*, *227*. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106294

CNBC Indonesia. (2023). *Jepang Buang Limbah Nuklir Fukushima; Airnya Aman Dikonsumsi?* CNBC Indonesia. Diakses tanggal 29 Oktober 2023. https://www.cnbcindonesia.com/research/20230829010530-128-466922/jepang-buang-limbah-nuklir-fukushima-airnya-aman-dikonsumsi

Human Rights Now. (2013). Anand Grover, UN Special Rapporteur on the right to health, criticizes UNSCEAR report on Fukushima - Human Rights Now Global Site. Diakses tanggal 5 November 2023. https://hrn.or.jp/eng/news/2013/11/07/special-rapporteur-criticizes-unscear/

Johnson, P., & Burgee, J. (2024). *Nuclear Law*. Nuclear Energy Agency. Retrieved Juni 4, 2024, from https://www.oecd-nea.org/jcms/c_12886/nuclear-law

Ming, Z., Yingxin, L., Shaojie, O., Hui, S., & Chunxue, L. (2016). Nuclear energy in the Post-Fukushima Era: Research on the developments of the Chinese and worldwide nuclear power industries. Dalam *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 58). https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.165

Sarjiati, Upik. (2018).Nuclear Risk and Public Response to Fukushima Nuclear Disasters in Japan. *Jurnal Kajian Wilayah*, 9(1). https://core.ac.uk/reader/235985608

Steinhauser, G., Brandl, A., & Johnson, T. E. (2014). Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: A review of the environmental impacts.

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2

Dalam *Science of the Total Environment* (Vol. 470–471). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.029

Tokyo Electric Power Company Holdings. (2020). TEPCO : Result of Radioactive Analysis around Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. Diakses tanggal 2 November 2023. https://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/smp/index-e.html

Verlini, G. (2013). *Overall cancer risks low in Japan after Fukushima nuclear incident – UN report*. UN News. Diakses tanggal 5 November 2023. https://news.un.org/en/story/2013/02/433072

DOI: http://dx.doi.org/10.31605/arajang.v6i2