

Pengaruh Tritium Pada Limbah Nuklir Jepang Terhadap Perkembangan Janin Loligo (Cumi-Cumi)

Effect of Tritium in Japanese Nuclear Waste on Loligo (Squid) Fetal Development

Eva Alvi Nurlaili¹, Khoirun Nisa², Ratna Wahyu Wulandari³, Ibrahim Bin Sa'id⁴

Program Studi Tadris Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Tarbiyah, Institut Agama Islam Negeri Kediri, Jawa Timur, Indonesia

*E-mail korespondensi: evaalvisavana@gmail.com

Abstract

The nuclear disposal plan was launched in 2011 after the nuclear reactor explosion at the Fukushima nuclear power plant when the amount of nuclear contamination increased to 42 percent. After a giant tank was built to hold the radioactive water, it was nearly filled. That is why the Japanese government is considering dumping radioactive water into the sea. Therefore, researchers are exploring what might happen when underwater biota, especially squid, are exposed to nuclear waste. This research uses the literature study method. The tritium content in Japanese nuclear waste is a very low percentage, so it will not have a significant impact shortly. But it affects the long-term

Keywords: nuclear waste, genetic mutation

Abstrak

Rencana pembuangan nuklir diluncurkan pada tahun 2011 setelah ledakan reaktor nuklir di pembangkit listrik tenaga nuklir Fukushima, ketika jumlah kontaminasi nuklir meningkat menjadi 42 persen. Setelah tangki raksasa dibangun untuk menampung air radioaktif, tangki tersebut hampir terpenenuhi. Itulah sebabnya pemerintah Jepang mempertimbangkan untuk membuang air radioaktif ke laut. Oleh karena itu peneliti menelusuri apa saja yang mungkin bisa terjadi saat biota bawah laut, khususnya cumi-cumi terkena limbah nuklir tersebut. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur. Kandungan tritium pada limbah nuklir Jepang memiliki presentase yang sangat rendah, sehingga tidak memiliki dampak yang signifikan dalam waktu dekat. Tetapi berpengaruh pada jangka Panjang.

Kata Kunci : limbah nuklir, mutase genetic

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) adalah salah satu bentuk pembangkit energi yang menjanjikan, karena memiliki potensi untuk menghasilkan energi dalam jumlah besar. Dengan teknologi yang tepat, PLTN dapat mencapai tingkat keamanan yang tinggi, menjaga keselamatan manusia dan lingkungan. Berbagai jenis reaktor digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik dalam PLTN. Salah satu yang paling umum adalah reaktor air ringan atau Light Water Reactor (LWR). Reaktor LWR ini bekerja sebagai reaktor termal, di mana air berfungsi sebagai pendingin dan moderator. Terdapat dua jenis reaktor LWR, yaitu reaktor air bertekanan atau Pressure Water Reactor (PWR) dan reaktor air mendidih atau Boiling

Water Reactor (BWR). Salah satu kelebihan dari pembangkit listrik tenaga nuklir adalah mereka hanya memerlukan bahan bakar yang sedikit, tetapi bisa menghasilkan energi listrik yang sangat besar (Owen, 1985). Listrik yang dihasilkan PLTN lebih murah dibanding yang dihasilkan PLTU yang menggunakan batu bara (Hans Blix, 1989)

Pada tanggal 3 Maret 2011, terjadi gempa dengan kekuatan 8,9 skala Richter yang mengguncang wilayah selatan pantai Jepang, diikuti oleh terjadinya tsunami. Terjadinya gempa, tsunami, dan kecelakaan reaktor nuklir Fukushima menciptakan bencana yang dikenal sebagai bencana 3/11, yang merupakan bencana terbesar dalam sejarah Jepang. Meskipun Jepang terkenal memiliki manajemen bencana yang handal dan menjadi model dalam pengelolaan bencana di dunia, namun Pemerintah Jepang tidak siap menghadapi bencana 3/11. Ketidaksiapan ini terlihat dari kurangnya koordinasi antara lembaga pemerintah dan perusahaan operator reaktor nuklir dalam penanganan bencana nuklir Fukushima, serta kesulitan dalam memprediksi dampak kecelakaan reaktor nuklir yang timbul.

Insiden tersebut tidak mengakibatkan korban jiwa atau kasus penyakit terkait radiasi, tetapi sekitar 100 ribu orang harus direlokasi dari tempat tinggal mereka yang berdekatan dengan kecelakaan nuklir Fukushima. Bencana ini memengaruhi salah satu prefektur terbesar ketiga di Jepang, yaitu Prefektur Fukushima, yang terletak di wilayah paling selatan Tohoku dan dekat dengan Tokyo. Prefektur ini memiliki luas wilayah sekitar 13.784 km². Reaktor Fukushima dimiliki oleh perusahaan bernama Tokyo Electric Power Company (TEPCO).

Rencana pembuangan nuklir diluncurkan pada tahun 2011 setelah ledakan reaktor nuklir di pembangkit listrik tenaga nuklir Fukushima. Setelah tangki raksasa dibangun untuk menampung air radioaktif, tangki tersebut hampir terpenyuh. Itulah sebabnya pemerintah Jepang mempertimbangkan untuk membuang air radioaktif ke laut. Karena laut secara alami mempunyai kemampuan untuk menetralkan zat-zat pencemar yang masuk ke dalamnya.

Jepang melaksanakan pembuangan limbah nuklirnya kelaut sejak Agustus 2023. Banyaknya limbah yang dibuang adalah 1.500 ton air radioaktif ke laut pasifik. Kandungan yang terdapat pada limbah tersebut adalah tritium. Menurut The International Atomic Energy Agency (IAEA) Jepang telah mengencerkan air agar tritium berada dibawah standar peraturan. The International Atomic Energy Agency (IAEA) juga menurunkan bahwa rata-rata tingkat paparan radiasi dari sumber alami adalah sekitar 2,4 milliSievert (mSv) per tahun, dan Komisi Internasional untuk Perlindungan Radiologi merekomendasikan bahwa dosis maksimum paparan radiasi non-alami, seperti yang berasal dari X-ray atau perjalanan udara, adalah 1 mSv per tahun. Misalnya, pemindaian dada diperkirakan memberikan dosis sekitar 0,1 mSv, sementara penerbangan dari Pantai Timur ke Pantai Barat diperkirakan mengekspos penumpang sekitar 0,035 mSv. Diketahui bahwa dosis paparan radiasi sebanyak 100 mSv dapat meningkatkan risiko terkena kanker sekitar 5 persen. Penilaian TEPCO terhadap proses pengolahan airnya menunjukkan bahwa jika manusia terpapar, dosis paparan radiasi dari air yang diolah paling banyak sekitar 0,0003 mSv per tahun.

Cumi-cumi adalah sekelompok moluska atau moluska besar yang hidup di laut, nama "Cephalopod" dalam bahasa Yunani berarti "kaki kepala", karena kakinya dipisahkan menjadi banyak cabang yang mengelilingi kepala. Cumi-cumi merupakan hewan yang termasuk dalam kelompok hewan invertebrata (tidak bertulang



belakang). Berbagai jenis tinta Secara umum, cumi-cumi biasa memiliki panjang sekitar 2 inci, tetapi ada *Architeuthis Princeps* atau cumi-cumi raksasa yang panjangnya lebih dari 50 kaki. Cumi-cumi raksasa ini banyak ditemukan terdampar di sepanjang pantai Newfoundland. Sedangkan jenis cumi-cumi yang biasa dikonsumsi manusia adalah jenis *Loligo Pealei* dan tersebar di Laut Mediterania, Asia Timur, dan sepanjang pantai timur Amerika Utara. Ada yang hidup di dekat permukaan air, ada pula yang hidup di tempat yang sangat dalam atau di palung laut.

Cumi-cumi termasuk dalam kelompok cephalopoda (hewan yang berkaki di atas kepala) (Wulandari, 2018). Cumi-cumi termasuk dalam famili Mollusca, kelompok yang tidak mempunyai tulang punggung. Cephalopoda berasal dari kata cephal yang berarti kepala dan poda yang berarti kaki. Beberapa jenis Cephalopoda mempunyai nilai ekonomi yang tinggi, seperti cumi-cumi, sotong, dan gurita. (Jereb and Roper, 2006). Perbedaan utama antara cumi-cumi, gurita, dan gurita adalah cumi-cumi memiliki tubuh yang lebih panjang dibandingkan sotong dan gurita dengan sirip berbentuk berlian. Sedangkan sotong memiliki tubuh bulat agak pendek berukuran 30-35 cm serta sirip yang mengelilingi seluruh tubuh dan bagian belakang tubuh (Wulandari, 2018). Gurita biasanya berbentuk cukup bulat dan pendek serta tidak memiliki sirip. Tubuh utama gurita menyerupai kantung kemih dengan delapan lengan dan dilengkapi selaput renang (Budiyanto dan Sugiarto, 1997). Perbedaan utama antara cumi-cumi, gurita, dan gurita adalah cumi-cumi memiliki tubuh yang lebih panjang dibandingkan sotong dan gurita dengan sirip berbentuk berlian. Sedangkan sotong memiliki tubuh bulat agak pendek berukuran 30-35 cm serta sirip yang mengelilingi seluruh tubuh dan bagian belakang tubuh (Wulandari, 2018). Gurita biasanya berbentuk cukup bulat dan pendek serta tidak memiliki sirip. Tubuh utama gurita menyerupai kantung kemih dengan delapan lengan dan dilengkapi selaput renang (Budiyanto dan Sugiarto, 1997).

Lebih spesifiknya, cumi-cumi memiliki mata yang besar di kepalanya, tentakelnya dilengkapi dengan tentakel yang berfungsi sebagai kemudi saat berenang. Selain itu tentakel juga digunakan untuk melindungi diri dan menangkap mangsa (Wulandari, 2018). Selain itu, pada tubuh cumi-cumi terdapat tinta yang membantu mengelabui musuh. Ketika ada predator, cumi-cumi menyemburkan tinta gelap untuk mengganggu visibilitas predator (Jereb dan Roper, 2006). Tinta cumi seringkali diabaikan atau dihilangkan pada saat proses pencucian sebelum dimasak dan digunakan. Padahal, tinta cumi mengandung banyak zat yang bermanfaat bagi tubuh manusia. Tinta cumi mengandung butiran melanin atau pigmen hitam. Melanin alami berbentuk melanoprotein yang mengandung 10-15% protein sehingga menjadikannya salah satu sumber protein sebaik protein daging (Astawan, 2008). Melanin dari tinta cumi mempunyai efek antitumor dengan cara menghambat aktivitas plasmin untuk meningkatkan tromboksan dan meningkatkan sistem imun untuk menghancurkan sel kanker (Zhong et al., 2009). Selain itu, tinta cumi mengandung komponen lain seperti lemak, glikosaminoglikan, dan asam amino esensial berupa lisin, leusin, arginin, dan fenilalanin (Agusandi et al., 2013).

Dari latar belakang tersebut, penelitian ini memiliki satu rumusan besar yaitu, bagaimana pengaruh tritium pada limbah nuklir jepang terhadap cumi-cumi.

METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur. Data dikumpulkan dari berbagai jurnal penelitian tentang limbah nuklir. Baik dari segi kandungan, hukum, dan juga dampaknya bagi makhluk hidup.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari The International Atomic Energy Agency (IAEA) kandungan yang terdapat pada limbah nuklir Jepang adalah tritium. Menurut Profesor Ilmu Lingkungan University of Portsmouth Jim Smith dalam tulisannya di The Conversation Bahwa konsentrasi tritium yang dibuang kelaut oleh Jepang adalah 1500 Bq/liter.

Tritium (^3H atau T) merupakan radioisotop pemancar beta energi rendah, dengan energi maksimum 18,6 keV dan umur paro 12,32 tahun. (Unterweger & Lucas, 2020). Secara alami, tritium terbentuk akibat interaksi radiasi sinar kosmis dengan gas di atmosfer. Namun, radioaktivitas tritium mengalami peningkatan selama uji coba senjata nuklir antara tahun 1945 dan 1963, yang menunjukkan bahwa tritium juga dapat diproduksi secara buatan. Tritium dapat terbentuk dalam material struktur reaktor nuklir karena aktivasi neutron pada Lithium (^6Li atau ^7Li). (Zerrifi, Hisham. 2010) atau reaksi penangkapan neutron cepat oleh boron (^{10}B). Selain itu, tritium juga dihasilkan sebagai produk sampingan dari pembelahan uranium dan plutonium. Oleh karena itu, tritium dapat terlepas dari fasilitas-fasilitas nuklir seperti pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), fasilitas pengolahan ulang, dan limbah radioaktif. Tritium memiliki sifat kimia dan fisika yang serupa dengan hidrogen (^1H). Pada suhu dan tekanan atmosfer normal, tritium berbentuk gas $[(\text{T})^2]$ atau $[(^3\text{H})_2]$ dan dapat menggantikan atom hidrogen dalam molekul air, membentuk tritiated water $[(\text{T})_2\text{O}]$. Konsentrasi aktivitas tritium dalam air dinyatakan dalam satuan Bq/L atau dalam Tritium Units (TU), di mana 1 TU setara dengan satu atom tritium per 10¹⁸ atom hidrogen, atau sekitar $0,11919 \pm 0,00021$ Bq/L. Tritium dapat larut dalam air dan mudah menguap, sehingga dapat menyebar dengan cepat ke lingkungan, termasuk ke manusia, hewan, dan tumbuhan.

Tritium merupakan radioisotop yang dapat digunakan untuk menentukan umur berdasarkan konsentrasi yang tersisa di air tanah. Fluktuasi konsentrasi isotop alami yang stabil pada populasi air tanah memberikan informasi tentang asal usul air.

Terdapat cukup radioaktivitas di laut jauh sebelum Jepang mulai membuang limbah yang telah diolah ke Pasifik. Sebagian besar radioaktivitas berasal dari unsur-unsur alami, namun juga dibawa oleh kapal selam nuklir, uji coba nuklir, dan emisi dari pembangkit listrik di seluruh dunia. Salah satu isotop radioaktif yang banyak ditemukan di lautan adalah tritium. Tritium adalah isotop yang tidak dapat dihilangkan dari limbah Fukushima meskipun telah diolah berulang kali. Sistem pengolahan cairan canggih TEPCO mengurangi 62 dari 64 unsur radioaktif ke ambang batas yang dapat diterima menurut standar keselamatan internasional, kecuali tritium dan karbon-14. Air limbah yang telah diolah kemudian diencerkan hingga konsentrasi 1.500

becquerel (unit radiasi yang dilepaskan) per liter, yang menurut pedoman Organisasi Kesehatan Dunia, setara dengan sepertujuh tingkat radioaktivitas dalam air minum.

Namun, proses penyaringan tidak menghilangkan karbon-14 dan tritium (unsur radioaktif hidrogen). TEPCO mengklaim bahwa kandungan tritium dalam limbah akan larut ke dalam air seiring waktu. Sama dengan kandungan karbon-14 di tangki. Meski secara teori aman, belum ada cukup penelitian yang membuktikan secara langsung bahwa tritium tidak berpengaruh pada kehidupan laut atau manusia. Selain itu, paparan radioaktivitas yang terlarut dalam air laut masuk ke dalam sel organisme hidup, sehingga dampaknya sulit diketahui dalam jangka pendek.

Pada organisme perairan, HTO dan keseimbangan air dicapai dalam waktu kurang dari sehari karena adanya pengaturan keseimbangan air melalui proses respirasi dan osmoregulasi (Calmon dan Garnier-Laplace, 2001). Sedangkan OBT diyakini terjadi melalui konsumsi makanan yang mengandung tritium. Tingkat OBT dalam kehidupan akuatik dipengaruhi oleh berbagai bentuk fisikokimia tritium organik dalam ekosistem, seperti molekul organik terlarut, partikel detrital atau organik segar, dan partikel halus buatan manusia. Bentuk-bentuk ini mempunyai asal usul yang berbeda (autogenous/allogeneic) dan jalur penyerapan serta kecepatan transfer yang berbeda, sehingga konsentrasi OBT dalam organisme diperkirakan akan bervariasi tergantung pada lingkungan sekitarnya (Baburajan et al., 2020; Eyrolle et al., 2018; Nie). dkk., 2021). Namun, pengetahuan tentang perilaku berbagai bentuk fisikokimia OBT dan pengaruhnya terhadap NHB masih terbatas dan ketinggalan jaman (Eyrolle et al., 2018). Penelitian sebelumnya telah menekankan perlunya penilaian berbasis bukti mengenai dampak tritium terhadap satwa liar, yang juga dapat mengancam kesehatan manusia melalui rantai makanan (Galeriu et al., 2008; McCubbin et al., 2001; Melintescu et al. , 2011;Zhao dkk., 2021).

Project PROTECT juga mengusulkan tingkat dosis rata-rata sebesar $200 \mu\text{Gy h}^{-1}$ untuk invertebrata dan $2 \mu\text{Gy h}^{-1}$ untuk vertebrata (Andersson et al., 2008) (lihat Tabel 3 untuk gambaran umum). Namun, keandalan nilai-nilai ini dipertanyakan karena terbatasnya data yang tersedia untuk berbagai kelompok organisme (Real dan Garnier-Laplace, 2020) dan perbedaan yang dilaporkan dalam akumulasi dan biotransformasi berbagai bentuk tritium, bahkan di dalamnya. bentuk tritium yang sama. suku (Beresford et al., 2016; Jaeschke dan Bradshaw, 2013; Kim et al., 2013a). Jaeschke dan Bradshaw (2013) menemukan perbedaan tingkat aktivitas dua spesies fitoplankton setelah paparan konsentrasi HTO yang sama dan menunjukkan bahwa konsumsi fitoplankton tritiated menghasilkan penggabungan tritium ke dalam jaringan cangkang kerang, yang menunjukkan transfer dan konsentrasi ke rantai makanan. . . Fiévet dkk. (2013) menyelidiki kinetika siklus tritium antara HTO air laut, biota HTO, dan OBT. HTO dari dua alga dan moluska dengan cepat ditukar dengan HTO air laut, namun keseluruhan siklus tritium antara HTO dan seluruh organisme OBT tampaknya merupakan proses yang lambat dengan waktu paruh biologis tritium beberapa bulan. Yankovich dkk.

(2011) juga menyarankan kemungkinan bagian OBT lambat dan cepat sesuai dengan tingkat dinamika OBT yang berbeda. Secara khusus, prediksi OBT terbaik diberikan oleh model yang mempertimbangkan proses reproduksi dan kompartemen jaringan.

Mengenai kehidupan akuatik, penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa konsentrasi tritium bervariasi dengan paparan HTO dan OBT (asam amino tritiated, glisin; T-Gly) dalam jaringan kerang (Dallas et al., 2016a; Jaeschke et al., 2011; Jha et al., 2016a; Jaeschke et al., 2011; Jha et al., 2005). Khususnya, setelah terpapar HTO, aktivitas OBT (Bq g⁻¹ sampel kering) lebih tinggi pada kaki, kelenjar pencernaan, mantel dan otot adduktor dibandingkan pada insang dan otot transversal, dan kadarnya menurun di semua jaringan setelah satu hari kekurangan. Sebaliknya, kelompok perlakuan OBT (T-Gly) menunjukkan bioakumulasi tritium tertinggi dengan urutan sebagai berikut: kelenjar pencernaan dan gt; insang dangt; dan kaki lainnya; byssus > selubung, otot adduktor; dan di semua jaringan, tingkat aktivitas tetap jauh di atas nilai kontrol bahkan setelah 21 hari pemurnian (Jaeschke et al., 2011). Konsentrasi yang lebih tinggi (Bq g⁻¹ sampel kering) pada kelenjar pencernaan juga dilaporkan oleh Jha et al. (2005), sedangkan Dallas dkk. (2016a) menemukan bahwa kadarnya lebih tinggi di kelenjar pencernaan, kaki, dan insang dibandingkan di jaringan lain, meskipun konsentrasinya bervariasi menurut suhu dan waktu. Pada ikan, dilaporkan bahwa laju pembentukan OBT secara signifikan lebih tinggi ketika ikan terpapar makanan yang mengandung OBT dibandingkan dengan HTO (Kim et al., 2013b). Konsentrasi OBT di jaringan lebih tinggi daripada OBT makanan, menunjukkan bioakumulasi ketika OBT dikonsumsi oleh ikan melalui jaring makanan. Selain itu, konsentrasi OBT di usus lebih tinggi dibandingkan di otot, menunjukkan adanya kompartementalisasi (Kim et al., 2013).

Seperti halnya radionuklida lainnya, durasi atau durasi paparan merupakan faktor penting dalam mengevaluasi efek biologis tritium. Namun, paparan akut terhadap kehidupan akuatik adalah hal biasa. Sebagian besar fasilitas nuklir terhubung ke sungai dan danau dan secara langsung atau tidak langsung ke lingkungan laut (Adam-Guillermin et al., 2012; Landrigan et al., 2020). Dengan demikian, paparan HTO jangka panjang selama lima generasi dilakukan pada *Daphnia Magna* dan melaporkan perubahan kinerja reproduksi, peningkatan kelainan selama embriogenesis, penurunan tingkat kelangsungan hidup, dan perbedaan sitologi dalam peningkatan jumlah nukleolus per sel (Tabel 4). Spesies ini mungkin tidak mewakili invertebrata air secara ekologis (Dallas et al., 2012), namun memungkinkan pemahaman tentang skenario paparan multigenerasi yang signifikan dan kemungkinan gangguan dalam dinamika populasi (Atienzar dan Jha, 2004).

Model-model ini memiliki keunggulan dibandingkan hewan pengerat, seperti umur yang diketahui dan pendek, namun sepengetahuan kami, belum ada penelitian yang mengevaluasi efek antargenerasi dari paparan tritium pada ikan.

Terdapat sedikit penelitian tentang tritium pada mamalia air, dengan ikan sebagai sumber utama data vertebrata (Adam-Guillermin et al., 2012; Beresford et al., 2016) Karena fisiologi dan siklus hidup spesies ikan

tertentu telah diketahui, diperlukan pendekatan yang berbeda, mulai dari pendekatan molekuler (misalnya Arcanjo et al., 2018; Festarini et al., 2019) hingga pendekatan perilaku (misalnya Arcanjo et al., 2020; Festarini et al., 2016), dilakukan di laboratorium (misalnya Arcanjo et al., 2018; Festarini et al., 2016, Festarini et al., 2019; Gagnaire et al., 2020) atau di lapangan (Gagnaire et al., 2020). , 2016) al., 2020). dkk., 2020) al., 2017). Model-model ini memiliki keunggulan dibandingkan hewan pengerat, seperti umur yang diketahui dan pendek, namun sepengetahuan kami, belum ada penelitian yang mengevaluasi efek antargenerasi dari paparan tritium pada ikan.

Cumi-cumi hidup pada perairan dangkal hingga laut dalam. Sifat dari tritium saat dicampurkan dengan air adalah larut, tidak membentuk endapan. Sehingga pada habitat cumi cumi baik di perairan dangkal maupun perairan dalam sudah tercampur oleh tritium. Tetapi sama seperti penjelasan sebelumnya bahwa tritium ini bukanlah zat yang memberikan pengaruh yang signifikan, sehingga tidak memberikan dampak yang signifikan pada cumi-cumi

Pengaruh tritium terhadap telur cumi-cumi ini tergantung seberapa banyak kandungan tritium dalam air, khususnya pada habitat cumi-cumi. Jika kandungan tritium tinggi kemungkinan besar terdapat penyerapan tritium kedalam telur. Ini dikarenakan cangkang dari telur cumi-cumi sangat tipis atau rentan. Tetapi pada kasus ini tritium yang dibuang kelaut oleh pemerintah Jepang termasuk dosis yang sangat rendah yaitu 1500 Bq/liter. Sedangkan menurut standar air minum menurut World Health Organization (WHO) untuk tritium adalah 10.000 becquerels (Bq) perliter. Ini merupakan konsentrasi yang lebih tinggi dari debit air di Fukushima. Walaupun air yang mengandung tritium bisa menyebabkan kerusakan DNA, tetapi partikel tritium beta bukanlah partikel yang sangat energik, sehingga perlu meminum dalam jumlah yang sangat banyak untuk menghasilkan efek yang signifikan. Ditambah lagi Ketika tritium yang terdapat dalam air masuk kedalam tubuh cumi-cumi, kandungan tersebut secara kimiawi mirip dengan air normal.

Cumi-cumi yang hidup dalam habitat yang mengandung tritium dan makanannya yang juga terdapat tritium tidak memberikan dampak yang signifikan pada cumi-cumi. Karena saat air atau makanan masuk kedalam tubuh cumi-cumi, dia akan bersifat seperti air biasa yang masuk kedalam tubuh.

Tetapi dampak dari tritium ini tidak dapat dilihat dalam jangka dekat. Ditambah lagi, walaupun dalam konsentrasi yang rendah Jepang membuang limbah secara berkala dan pada jumlah yang besar. Sehingga ini memerlukan perhatian khusus. Ditambah lagi tritium bisa terurai dalam waktu sekitar 12 tahun, dan ini merupakan waktu yang sangat lama.

Seperti yang kita tahu bahwa tritium ini jika banyak terdapat dalam tubuh dapat menyebabkan kerusakan DNA, dan bisa menyebabkan fertilitas rendah, sehingga jika terpapar dalam jangka yang Panjang ini bisa mempengaruhi populasi cumi-cumi

KESIMPULAN

Tritium yang terkandung dalam limbah nuklir jepang memiliki konsentrasi yang rendah. Tetapi saat pembuangannya dilakukan dalam jumlah yang besar, ini bisa memberikan dampak pada cumi-cumi. Tetapi dampak dari tritium ini tidak bisa dilihat secara langsung, tetapi dalam jangka Panjang.

DAFTAR REFERENSI

- Agusandi, A., Supriadi, A., & Lestari, S.D. 2013. Pengaruh Penambahan Tinta Cumi-Cumi (*Loligo sp*) Terhadap Kualitas Nutrisi dan Penerimaan Sensor Mi Basah. *Fishtech*, 2(1): 22-37.
- Andersson, P., Beaugelin-Seiller, K., Beresford, N.A., Copplestone, D., Della-Vedova, C., Garnier-Laplace, J., Howard, B.J., Howe, P., Oughton, D.H., Wells, C., Whitehouse, P., 2008. PROTECT - Protection of the Environment From Ionising Radiation in a Regulatory Context - Deliverable 5 - Numerical Benchmarks for Protecting Biota From Radiation in the Environment: Proposed Levels, Underlying Reasoning and Recommendations.
- Astawan, M. 2008. Khasiat Warna-Warni Makanan. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. 323 hal
- Budiyanto, A. & Sugiarto, H. 1997. Catatan Mengenai Si Tangan Delapan (*Gurita/Octopus spp*). *Oseana*, 22(3): 25-33.
- Audette-Stuart, M., Kim, S.B., McMullin, D., Festarini, A., Yankovich, T.L., Carr, J., Mulpuru, S., 2011. Adaptive response in frogs chronically exposed to low doses of ionizing radiation in the environment. *J. Environ. Radioact.* 102, 566-573. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2011.03.001>.
- Baburajan, A., Sudheendran, V., Gaikwad, R.H., Ravi, P.M., Nayak, R.S., D'Souza, S.R., Karunakara, N., 2020. Tissue free water tritium (TFWT) and organically bound tritium (OBT) in marine eco system at Tarapur on the west coast of India. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 323, 1431-1441. <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06861-7>.
- Beresford, N.A., Wood, M.D., Vives i Batlle, J., Yankovich, T.L., Bradshaw, C., Willey, N., 2016. Making the most of what we have: application of extrapolation approaches in radioecological wildlife transfer models. *J. Environ. Radioact.* 151. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.03.022> 373e386-386.
- Calmon, P., Garnier-Laplace, J., 2001. Tritium and the Environment. IRSN, pp. 1-26.
- Dallas, L.J., Bean, T.P., Turner, A., Lyons, B.P., Jha, A.N., 2016a. Exposure to tritiated water at an elevated temperature: genotoxic and transcriptomic effects in marine mussels (*M. galloprovincialis*). *J. Environ. Radioact.* 164, 325-336. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.07.034>.
- Dallas, L.J., Keith-Roach, M., Lyons, B.P., Jha, A.N., 2012. Assessing the impact of ionizing radiation on aquatic invertebrates: a critical review. *Radiat. Res.* 177, 693-716. <https://doi.org/10.1667/RR2687.1>.
- Eyrolle, F., Ducros, L., Le Dizès, S., Beaugelin-Seiller, K., Charmasson, S., Boyer, P., Cossonnet, C., 2018. An updated review on tritium in the environment. *J. Environ. Radioact.* 181, 128-137. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.11.001>.
- Faisal, Wisjachudin dan Agus Sulistyono. 2002. Penentuan pola aliran air tanah daerah Surakarta menggunakan data perbandingan aktivitas tritium. Yogyakarta.



- Fiévet, B., Pommier, J., Voiseux, C., Bailly Du Bois, P., Laguionie, P., Cossonnet, C., Solier, L., 2013. Transfer of tritium released into the marine environment by French nuclear facilities bordering the English Channel. *Environ. Sci. Technol.* 47, 6696–6703. <https://doi.org/10.1021/es400896t>.
- Indonesia, CNN. (25 Agustus 2023). Mengenal Tritium di Air Limbah Fukushima, Berbahayakah?. Jakarta: CNN Indonesia.
- Jaeschke, B.C., Bradshaw, C., 2013. Bioaccumulation of tritiated water in phytoplankton and trophic transfer of organically bound tritium to the blue mussel, *Mytilus edulis*. *J. Environ. Radioact.* 115, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2012.07.008>
- Jaeschke, B.C., Millward, G.E., Moody, A.J., Jha, A.N., 2011. Tissue-specific incorporation and genotoxicity of different forms of tritium in the marine mussel, *Mytilus edulis*. *Environ. Pollut.* 159, 274–280. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2010.08.033>.
- Jereb, P & Roper, C.FE 2006 Cephalopods of The Indian Ocean. A Review Part I Inshore Squids (Lolingidae) Collected During The International Indian Ocean Expedition Proceedings of The Biological Society of Washington, 119(1): 91-136.
- Kim, S.B., Baglan, N., Davis, P.A., 2013a. Current understanding of organically bound tritium (OBT) in the environment. *J. Environ. Radioact.* 126, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.07.011>
- Kim, S.B., Shultz, C., Stuart, M., McNamara, E., Festarini, A., Bureau, D.P., 2013b. Organically bound tritium (OBT) formation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): HTO and OBTspiked food exposure experiments. *Appl. Radiat. Isot.* 72, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.10.001>.
- Malaka Muhlis. (2019). "Dampak Radiasi Radioaktif Terhadap Kesehatan". Foramadiah: Jurnal Kajian Pendidikan Keislaman. 11(2)
- Melintescu, A., Galeriu, D., 2011. Dynamic model for tritium transfer in an aquatic food chain. *Radiat. Environ. Biophys.* 50, 459–473. <https://doi.org/10.1007/s00411-011-0362-0>.
- Melintescu, A., Galeriu, D., Kim, S.B., 2011. Tritium dynamics in large fish - a model test. *Radioprotection* 46. <https://doi.org/10.1051/radiopro/20116547s>.
- Pasaribu, Buntoro. (April 2013). Bagaimana limbah PLTN Fukushima dapat berdampak pada laut Indonesia. Jakarta: the conversation.
- Real, A., Garnier-Laplace, J., 2020. The importance of deriving adequate wildlife benchmark values to optimize radiological protection in various environmental exposure situations. *J. Environ. Radioact.* 211, 105902. <https://doi.org/10.1016/J.JENVRAD.2019.01.014>.
- Sarjiati, U. (2014). "Kontestasi Pengetahuan dan Konstruksi Resiko Bencana: Kasus Minamata dan Nuklir Fukushima". *Jurnal Global & Strategis*, 8 (2): 215-231.
- Sarjiati, U. (2015). "Nuclear Village and Risk Construction in Japan: A Lesson Learned for Indonesia". *Journal of Indonesian Social Sciences and Humanities*, 5: 39-52.
- Wulandari, D.A 2018, Morfologi, Klasifikasi, dan Sebaran Cumi-Cumi Famili Lolingidae. *Oseana*, XLIII(2): 48-65.
- Wulandari, D.A. 2018. Peranan Cumi-Cumi Bagi Kesehatan. *Oseana*, XLIII(3): 52-60.

- Zhong, J-P. Wang, G, Shang, J-H., et al. 2009. Protective Effects of Squid Ink Extract Towards Hemopoietic Injuries Induced by Cyclophosphamide Marine Drugs, 7(1): 9-18.
- Zinn, J.O. (2008). "Introduction: The Contribution of Sociology to Discourse on Risk and Uncertainty". dalam Zinn, Jens O (ed.), 2008. Social Theories of Risk and Uncertainty: An Introduction. Malden, MA: Blackwell Publishing