

DAMPAK-JATUHAN DEBU RADIOAKTIF:  
KAJIAN TINGKAT RADIOAKTIVITAS Sr-90 DAN Cs-137  
DALAM BIOTA LAUT

B.Y. Eko Budi Jurnpeno"

Abstrak DAMPAK-JATUHAN DEBU RADIOAKTIF: KAJIAN TINGKAT RADIOAKTIVITAS Sr-90 DAN Cs-137 DALAM BIOTA LAUT. Bahwa percobaan bom nuklir di atmosfer yang telah dilakukan oleh beberapa negara sejak tahun 1945 menimbulkan lepasan radioisotop ke udara. Demikian juga terjadinya kecelakaan reaktor nuklir. Lepasannya radioisotop ini kemudian akan terkondensasi dan terdeposisi ke darat dan laut. Lepasannya radioisotop ini disebut jatuhnya debu radioaktif (*fall out*). Melalui rantai makanan radioisotop akan dapat meningkatkan tingkat radioaktivitas biota laut. Taku Koyanagi telah melakukan penelitian tingkat radioaktif Sr-90 dan Cs-137 dalam air laut dan daging ikan di laut Jepang, arus Kuroshio serta arus Oyashio. Ternyata tingkat radioaktivitas (aktivitas spesifik) air laut dan daging ikan mencapai puncak antara tahun 1962 s.d. 1964. Pengukuran ini sesuai dengan tingkat radioaktivitas lepasan radioisotop ke udara (*fall out*) yang memuncak sekitar tahun enam puluhan. Meningkatnya tingkat radioaktivitas biota laut mengandung potensi bahaya jika biota laut itu menjadi produk laut yang dikonsumsi oleh manusia, karena radioisotop itu mungkin akan terdeposisi dalam target organ dan menimbulkan kerusakan organ akibat radiasi yang dipancarkannya.

LAT AR BELAKANG MASALAH

Setiap teknologi yang dimanfaatkan dalam kehidupan manusia mengandung risiko, apalagi jika penggunaannya tidak berhati-hati. Teknologi nuklir, sebagai teknologi canggih, juga mengandung risiko itu.

Jatuhnya debu radioaktif (*fall out*) yang berasal dari kecelakaan reaktor nuklir, atau ledakan percobaan bom nuklir, adalah contoh risiko teknologi tersebut.

Jatuhnya debu radioaktif yang dilepaskan sebagian akan jatuh ke laut dan kemudian melalui rantai makanan akan terakumulasi dalam biota laut. Jika biota laut itu dimakan oleh manusia maka zat radioaktif akan terakumulasi dalam organ dan mungkin akan menimbulkan kerusakan pada organ tersebut. Menurut Taku Koyanagi [1], pencemaran zat

radioaktif pada ekosistem laut menjadi kekhawatiran yang serius bagi masyarakat yang mengkonsumsi hasil laut. Zat radioaktif terakumulasi dalam biota laut langsung melalui rantai makanan dalam ekosistem laut.

Hesroel Thayib dkk (4) telah mengukur kandungan Sr-90 dan Cs-137, dua radioisotop umur panjang, di Pantai Utara Pulau Jawa. Berdasarkan pengukurannya diperoleh tingkat radioaktivitas maksimal  $5,45 \pm 0,85$  mBq/l untuk Sr-90 (pada cuplikan di Ujung Pangkah, Jatim, 1988),  $5,88 \pm 1,65$  mBq/l untuk Cs-137 (pada cuplikan di Teluk Jakarta, 1988).

Tulisan ini akan membahas peranan jatuhnya debu radioaktif pada meningkatnya radioaktivitas Sr-90 dan Cs-137 dalam biota

Staf Bidang Bina Program-Pusdiklat-BAT AN  
Mahasiswa Program Pascasarjana Ilmu Lingkungan - VI

laut. Meningkatnya radioaktivitas biota laut terutama bukan berdampak pada biota itu sendiri tetapi jika biota itu dikonsumsi oleh manusia maka akan berbahaya bagi kesehatan manusia karena radioisotop akan dapat terakumulasi pada organ dan mungkin akan merumuskan kerusakan pada organ tersebut.

Mengingat besarnya potensi bahaya zat radioaktif hasil jatuhnya pada kesehatan manusia melalui biota laut maka masalah meningkatnya radioaktivitas biota laut akibat jatuhnya radioaktif dipilih sebagai topik dalam tulisan ini.

#### TUJUAN PENULISAN

Makalah ini ditulis dengan beberapa tujuan sebagai berikut :

- memberikan gambaran mengenai jatuhnya debu radioaktif akibat kecelakaan nuklir atau peledakan bom nuklir
- memberikan gambaran tentang jalur masuk radioisotop (unsur radioaktif) ke dalam biota laut
- memberikan ilustrasi tentang tingkat radioaktivitas *Sr-90* dan *Cs-137* dalam biota laut akibat jatuhnya debu radioaktif ke lingkungan khususnya ekosistem laut
- memberikan gambaran mengenai potensi bahaya meningkatnya radioaktivitas biota laut pada kesehatan manusia

#### JATUHAN DEBU RADIOAKTIF

Jatuhnya debu radioaktif adalah zat radioaktif yang terlepas ke udara akibat terjadinya kecelakaan reaktor nuklir atau ledakan bom nuklir. Debu radioaktif itu adalah radioisotop unsur radioaktif hasil belah atau turunannya dan hasil aktivasi pada saat terjadi ledakan nuklir atau kecelakaan reaktor nuklir seperti *Strontium-90 (Sr-90)*, *Cesium-137 (Cs-137)*, *Iodine-131 (I-131)*, *Ruthenium-106 (Ru-106)*, *Cerium-144 (Ce-144)*, *Plutonium-239 (Pu-239)*, *Zirconium-95 (Zr-95)*, *Barium-140 (Ba-140)*, *Neodymium-147 (Nd-147)*, dan *Yttrium-91 (Y-91)*. Dari

radioisotop tersebut *Sr-90* dan *Cs-137* adalah radioisotop hasil jatuhnya debu radioaktif yang banyak ditemukan di lingkungan dan sering dipakai sebagai indikator terjadinya pencemaran panjang. Jika masuk dalam tubuh manusia *Strontium-90* akan terdepositasi di dalam tulang, sedang *Cesium-137* akan terdepositasi di seluruh tubuh. *Strontium-90* memiliki waktu paro 28,8 tahun dan adalah pemancar beta, sedang *Cesium-137* yang memiliki waktu paro 30,2 tahun adalah pemancar beta serta gamma.

Jatuhnya debu radioaktif ini kemudian akan terdepositasi ke tanah, sungai dan laut. Sebagian yang terdepositasi ke tanah oleh pengaruh air hujan dan air tanah akan mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut.

Ledakan yang terjadi dalam kecelakaan nuklir atau percobaan bom nuklir menentukan tinggi sebaran debu radioaktif. Tinggi sebaran zat radioaktif akan menentukan waktu dan letak jatuhnya.

Jatuhnya debu radioaktif diklasifikasikan menjadi :

- jatuhan awal
- jatuhan tertunda

#### Jatuhan Awal

Jatuhan awal adalah jatuhan lokal yang terjadi jika ada ledakan nuklir yang setara dengan ledakan bom nuklir berkekuatan beberapa ribu kiloton. Ketika ledakan terjadi bola api yang suhunya jutaan derajat Celsius akan menghisap sejumlah besar tanah, air dan bahan-bahan lain menjadi uap dan gas.

Pada fase kondensasi bahan-bahan tadi akan turun ke bumi dalam waktu kurang lebih 24 jam. Karena ukuran bahan-bahan yang telah menjadi radioaktif tadi besar maka turunnya cepat.

#### Jatuhan Tertunda

Jatuhan tertunda adalah jatuhnya debu radioaktif yang dapat mencapai tinggi troposfer dan stratosfer. Ledakan nuklir yang terjadi pada jatuhnya tertunda ini

mcmiliki kekuatan ledakan yang lebih kuat dibandingkan dengan ledakan pada jatuhan awal.

Ledakan yang dapat mencapai tinggi troposfer adalah ledakan kuat sehingga debu radioaktif dapat mencapai ke semua penjuru dunia. Debu radioaktif akan jatuh ke bumi bersama hujan atau salju dalam waktu lebih dari schan sampai empat minggu.

Debu radioaktif hasil ledakan bom nuklir dengan kekuatan beberapa megaton akan dapat mencapai ketinggian stratosfer. Pada ledakan ini debu radioaktif akan tersebar ke seluruh dunia dan sulit diramalkan dimana, bilamana, serta bagaimana debu radioaktif tersebut akan jatuh ke bumi. Diperkirakan debu radioaktif akan melayang di lapisan atmosfer selama 5 tahun setelah itu bam jatuh ke bumi.

Tabel 1. Percobaan bom nuklir di atmosfer oleh beberapa negara

PERIODE	NEGARA	JUMLAH PERCOBAAN
1945 -1962	Amerika Serikat	193
1949-1962	Uni Soviet	142
1952 - 1953	Inggris	21
1960 - 1974	Perancis	45
1964 - 1980	China	22

Sumber: Koyanagi [III]

Table 2. Jatuhan debu radioaktif tahunan untuk radioisotop Stronium- 90

TAHUN	JATUHAN TAHUNAN ( $10^{16}$ Bq)
1958	3,28
1959	4,57
1960	1,59
1961	1,94
1962	6,32
1963	10,84
1964	7,69
1965	4,18
1966	1,98
1967	1,03
1968	1,10
1969	1,06
1970	1,23
1971	1,26
1972	0,67
1973	0,23
1974	0,59
1975	0,35
1976	0,18
1977	0,38
1978	0,44
1979	0,16
1980	0,15

Sumber: Koyanagi [II]

Tabel 3. Radioisotop yang dilepas ke lingkungan dan besarnya lepasan pada saat kecelakaan Nuklir Chernobyl

RADIOISOTOP	AKTIVITAS (Bq)
Kr-85	$3,3 \times 10^6$
Xe-133	$1,7 \times 10^{11}$
I-131	$2,6 \times 10^{11}$
Te-132	$4,8 \times 10^{10}$
Cs-134	$1,9 \times 10^{11}$
Cs-137	$3,8 \times 10^{10}$
Mo-99	$1,1 \times 10^{11}$
Zr-95	$1,4 \times 10^{11}$
Ru-103	$1,2 \times 10^{11}$
Ru-106	$5,8 \times 10^{10}$
Sa-140	$1,6 \times 10^{11}$
Ce-141	$1,0 \times 10^{11}$
Ce-144	$9,0 \times 10^{10}$
Sr-89	$8,0 \times 10^{10}$
Sr-90	$8,0 \times 10^{10}$
Np-239	$4,2 \times 10^{11}$
Pu-238	$3,0 \times 10^{10}$
Pu-239	$2,6 \times 10^{10}$
Pu-240	$3,6 \times 10^{10}$
Pu-241	$5,1 \times 10^{10}$
Cm-242	$7,8 \times 10^4$

(Sumber: Technical Report Series NO. 300, IAEA, 1989) [7]

Gambaran mengenai jumlah percobaan bom nuklir dan jatuhnya debu radioaktif untuk *Strontium-90* di seluruh dunia dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Tabel 3 menggambarkan aktivitas radioisotop yang dilepas ke lingkungan ketika terjadi kecelakaan reaktor nuklir di Chernobyl, Uni Soviet pada tahun 1986.

#### JALUR MASUK RADIOISOTOP KE DALAM BIOTA LAUT

Radioisotop jatuhnya debu radioaktif setelah melayang di udara akan jatuh ke bumi. Sebagian akan jatuh di laut. Sebagian radioisotop yang jatuh ke tanah atau sungai akhirnya akan sampai ke laut melalui aliran air hujan atau air tanah. Akibatnya tingkat

radioaktivitas air laut akan meningkat. Melalui rantai makanan dalam ekosistem laut maka radioisotop tersebut akan dapat meningkatkan radioaktivitas biota. Makin tinggi tingkat trofiknya makin tinggi tingkat radioaktivitasnya sesuai dengan prinsip pemekatan biologi.

Jalur masuk radioisotop tersebut adalah seperti pada Gambar 1.

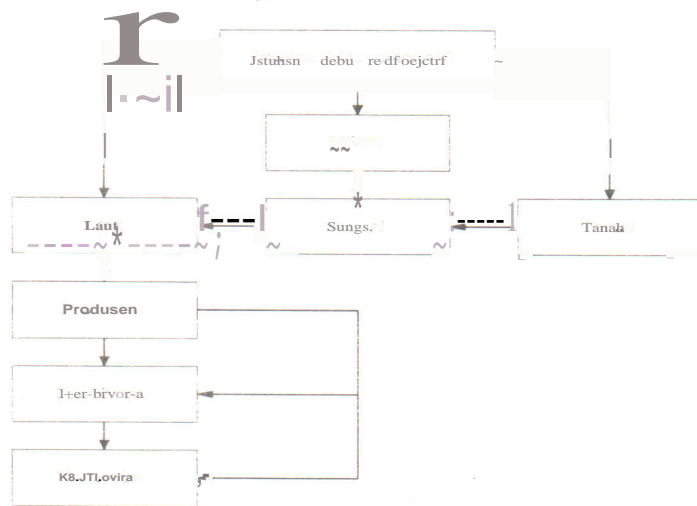
Pada pencemaran laut oleh radioisotop (*Strontium-90*), pemekatan biologi yang terjadi terlihat nyata karena laju akumulasi radioaktif jauh lebih besar daripada laju peluruhan efektif radioisotop tersebut. Laju peluruhan efektif adalah gabungan laju peluruhan fisis dan laju. Pada pencemaran laut oleh radioisotop (*Strontium-90*),

pemekatan. biologi yang terjadi terlihat nyata karena laju akumulasi radioaktif jauh lebih besar daripada laju peluruhan efektif radioisotop tersebut. Laju peluruhan efektif

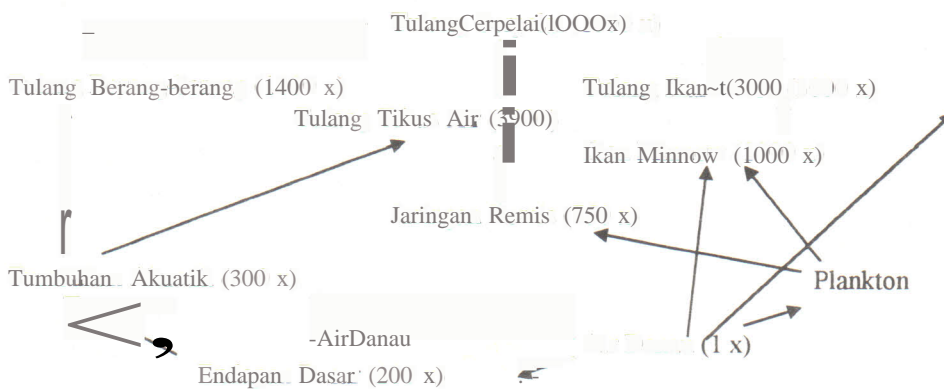
adalah gabungan laju peluruhan jisis dan laju peluruhan biologis dan radioisotop tersebut.

Suatu contoh jalur masuk radioisotop dan mekanisme pemekatan biologi dalam biota untuk Strontium-90 di danau kecil (Kanada) dapat dilihat pada Gambar 2. Akumulasi atau konsentrasi Strontium-90 mengalami

pemekatan. pada tingkat trofik yang lebih tinggi kecuali pada tulang Cerpelai.



Gambar 1. Jalur masuk radioisotop ke dalam biota laut



Gambar 2. Pemekatan. biologi Strontium-90 dalam jaringan makanan ikan Perch (Odum, 1996) [31]

### RADIOAKTIVITAS Sr-90 DAN Cs-137 DALAM BIOTA LAUT

Beberapa peneliti telah melakukan pengukuran tingkat radioaktivitas air laut dan biota yang berada di situ, terutama pada saat terjadi demam percobaan bom nuklir.

Koyanagill<sup>1)</sup>, memaparkan hasil pengukuran tingkat radioaktivitas Sr-90 dan Cs-137 dalam air laut dan ikan di Jepang seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa aktivitas spesifik Sr-90 dan Cs-137 dalam air laut (pCurie/liter) dan (kilo pC-wad/mgram) meningkat antara tahun 1962 dan 1964. Temyata, jika dihubungkan dengan tabel tingkat radioaktivitas jatuhnya debu radioaktif pada Tabel 2, tingkat radioaktivitas Sr-90 dan Cs-137 dalam air laut dan ikan berkaitan dengan aktivitas jatuhnya debu radioaktif yang disebabkan oleh demam percobaan bom nuklir pada periode tersebut.

Kecelakaan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Chernobyl di Uni Soviet pada bulan April 1986 melepaskan aktivitas jatuhnya debu radioaktif total sebesar  $1,9 \times 10^{18}$  Bq atau 51351351,35 Curie. Radioisotop komponen jatuhnya debu radioaktif pada kecelakaan tersebut beserta aktivitasnya dapat dilihat pada Tabel 3. Namun dalam tulisan ini dampak pada menngifutunya radioaktivitas Sr-90 dan Cs-137 dalam biota laut tidak dibahas karena penulis tidak menemukan data aktivitas spesifik radioisotop jatuhnya debu radioaktif jrig berkaitan dengan kecelakaan nuklir tersebut dalam biota laut.

### POTENSI BAHAYA

Seperti telah diuraikan di atas bahwa aktivitas radioisotop dalam rantai makanan akan mengalami pemekatan biologis, sehingga jika biota laut mengalami peningkatan aktivitas spesifik dalam tubuhnya, kemudian menjadi produk laut dan dikonsumsi manusia sebagai sumber protein.

maka, kemungkinan tingkat radioaktivitas dalam tubuh manusia akan meningkat.

Radioisotop yang masuk dalam tubuh memiliki target organ tertentu. Organ target adalah organ yang mempunyai serapan terbesar untuk radioisotop jika radioisotop tersebut masuk ke dalam tubuh dibandingkan dengan organ lainnya. Sebagai contoh ialah Sr-90 memiliki target organ tulang, Cs-137 mempunyai target organ seluruh tubuh terutama hati, limpa dan otot, sementara I-131 memiliki target organ kelenjar thyroid.

Jika produk laut yang tercemar radioisotop dikonsumsi oleh manusia maka radioisotop tersebut ikut terbawa masuk ke dalam tubuh. Radioisotop akan menuju organ target dan terdeposisi di organ tersebut. Radioisotop dalam organ target akan meradiasi organ. Untuk radioisotop radioisotop berumur paro efektif panjang seperti Sr-90 dan Cs-137 periode paparan radiasi akan berlangsung lama. Karena radiasi nuklir bersifat mengionkan media yang dilewati maka organ yang terkena radiasi dapat menjadi rusak. Efek yang mungkin muncul misalnya timbulnya kanker dan kematian sel organ. Akibatnya organ tidak dapat berfungsi dengan semestinya dan mengganggu kesehatan manusia.

Agar radioisotop hasil jatuhnya debu radioaktif pemancar radiasi nuklir tidak masuk ke dalam tubuh dan menjadi sumber radiasi interna yang merusak maka produk laut yang akan dikonsumsi harus bebas dari radioisotop atau jika ada aktivitas spesifiknya harus di bawah batas yang diijinkan.

### KESIMPULAN

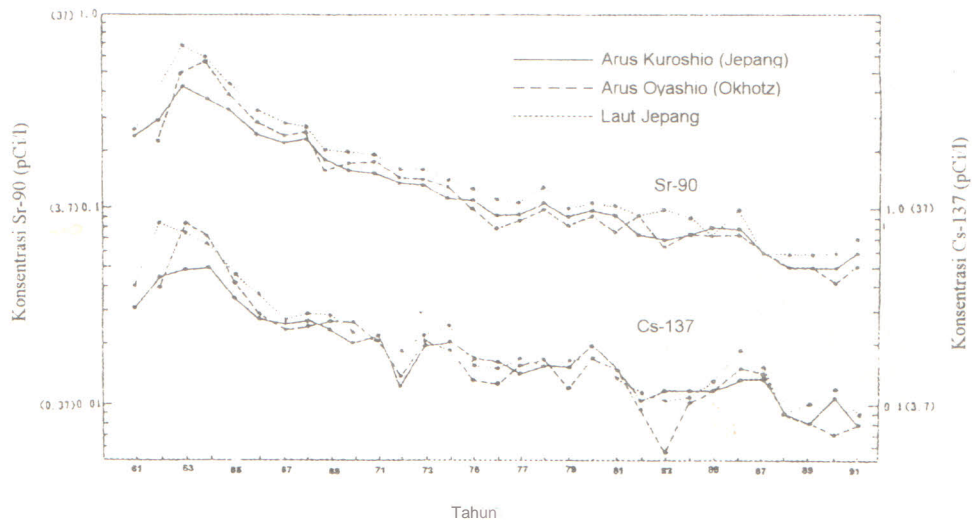
Berdasarkan uraian mengenai dampak jatuhnya debu radioaktif pada meningkatnya biota laut dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- I. Jatuhnya debu radioaktif adalah debu radioaktif atau radioisotop yang terlepas ke udara akibat percobaan bom nuklir atau kecelakaan suatu reaktor nuklir. Jatuhnya debu radioaktif ini terdiri dari jatuhan awal dan jatuhan tertunda.
2. Jatuhan debu radioaktif dapat meningkatkan radioaktivitas biota laut melalui jalur masuk yang berupa rantai makanan. Jika radioisotop jatuhan debu radioaktif masuk ke dalam jalur rantai makanan maka aktivitasnya akan mengalaro pemekatan biologi di dalam biota. Pemekatan biologi ini terjadi karena laju akumulasi radioisotop lebih besar daripada laju peluruhan efektif. Proses ini juga berkaitan dengan adanya target organ pada radioisotop yang mana radioisotop yang masuk ke dalam tubuh akan terdeposisi di dalam target organnya.
3. Peningkatan radioaktivitas Sr-90 dan Is-137 dalam air dan biota laut di Jepang ternyata berkaitan dengan adanya jatuhnya debu radioaktif akibat demam percobaan bom nuklir pada peri ode tahun limapuluhan.
4. Meningkatnya radioaktivitas biota laut mengandung potensi bahaya bagi kesehatan manusia jika biota laut tersebut dikonsumsi manusia. Karena radioisotop yang terkandung di dalamnya akan terdeposisi dalam organ target dan dapat memberikan paparan radiasi pada organ tersebut untuk jangka panjang sehingga timbul

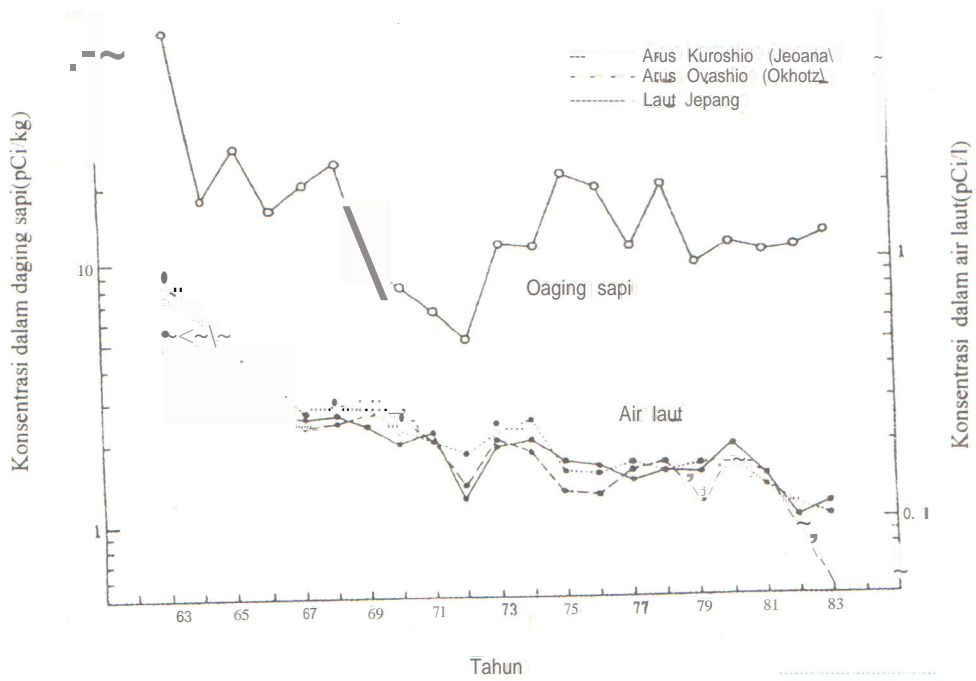
Widyanuklida, Vol. L No.1, Feb. 1998 kerusakan dan gangguan fungsi organ. Oleh karena itu produk laut yang dikonsumsi harus bebas dan radioisotop jatuhan debu radioaktif atau jika ada aktivitas spesifiknya harus di bawah batas yang diijinkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Koyanagi, T., Environmental Radioactivity and Radiation Dose for The Public. Seminar Keselamatan Radiasi dan Lingkungan. PSPKR-BATAN, Jakarta (1995).
2. Martin, A. and Harbison, SA, An Introduction to Radiation Protection, Third Edition, Chapman and Hall, New Yorke 1986).
3. Odurn, E.P., Dasar-dasar Ekologi, Edisi Ketiga (terjemahan), Gadjah Mada University Press. Yogyakarta (1996).
4. Thayib, M.H dkk, Kandungan Radionuklida dalam Ekosistem Laut di Indonesia : Data Dasar Sr-90 dan Cs-137 di Beberapa Perairan Pantai Utara Pulau Jawa, Seminar Pemantauan Pencemaran Laut, LON-LIPI, Jakarta (1994).
5. Tjahaya, P.I. dan Indiyati T., Kontaminasi Lingkungan Akibat Kecelakaan PLTN Chernobyl, Seminar Keselamatan Radiasi dan Lingkungan, PSPKR-BATAN, Jakarta (1995).
6. Wardhana, W.A, Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan, Cetakan Pertama, Andi Offset, Yogyakarta (1994).
7. IAEA Technical Report Series NO. 300 (1989).



Gambar 3. Konsentrasi Sr-90 dan Cs-137 dalam air laut di sekitar Jepang [1]



Gambar 4. Konsentrasi Cs-137 dalam daging ikan dan air laut di sekitar Jepang [1]