

# TINDAKAN PROTEKTIF TERHADAP KELENJAR TIROID PADA KECELAKAAN RADIASI

**Mukh Syaifudin dan Fadil Nazir**

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

- Jalan Cinere Pasar Jumat, Jakarta – 12440
- PO Box 7043 JKSKL, Jakarta – 12070

## PENDAHULUAN

Kata-kata "radiasi" dan "nuklir" bagi orang awam adalah sesuatu yang menakutkan. Hal ini cukup beralasan karena nuklir pertama kali dikenali karena efek negatifnya. Hal ini juga tidak selamanya benar karena radiasi terbukti merupakan suatu alat dan teknologi yang telah dipergunakan secara meluas untuk membantu kebutuhan manusia seperti dalam hal kesehatan, makanan dan pertanian, industri, energi dan lingkungan. Banyak data dan informasi mengenai pemanfaatan teknologi berbasis radiasi ini, bahkan tidak dapat diperoleh atau dilakukan melalui teknologi lain, dan hasilnya pun dapat diandalkan (impresif). Sebagai contoh lebih dari 25 juta prosedur pencitraan nuklir dilakukan setiap tahunnya di seluruh dunia untuk diagnosa penyakit, dan setiap tahun hampir 10 juta orang memanfaatkan radiofarmasi (obat mengandung zat radioaktif) terutama untuk pengobatan kanker. Pada saat yang sama, teknik molekuler dan radioisotop saat ini sedang digunakan untuk mengembangkan teknologi dan pengukuran yang lebih efektif untuk melawan dan memberantas penyakit infeksi seperti malaria, hepatitis dan tuberkulosis. Teknologi berbasis radiasi yang telah terbukti efektif selama berpuluh-puluh tahun ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia pada hampir setiap sektor kehidupan.

Meskipun fasilitas nuklir telah didisain untuk menjamin tidak akan terjadi kecelakaan yang mempengaruhi anggota masyarakat, namun

merupakan hal yang sangat penting untuk mempersiapkan diri dan mengantisipasinya. Beberapa kecelakaan serius telah terjadi misalnya di Windscale Inggris tahun 1957, Three Mile Island USA tahun 1979 dan Chernobyl di Ukraina tahun 1986. Kecelakaan juga bisa terjadi selama pengangkutan bahan radioaktif dan selama operasi militer dan yang masih belum ditinjau secara mendetail adalah risiko akan jatuhnya satelit bertenaga nuklir ke bumi. Bahan radioaktif yang terlepas saat terjadi kecelakaan dapat menyebabkan radiasi terhadap anggota masyarakat baik melalui pernafasan, radiasi langsung dari permukaan tanah dan dari kontaminasi permukaan serta akibat mengkonsumsi makanan dan minuman yang terkontaminasi.

Mengingat potensi bahaya radiasi yang besar dalam pemanfaatan tenaga nuklir dan belajar dari peristiwa kecelakaan nuklir di dunia, ternyata kesalahan tidak hanya pada operator instalasi nuklir tetapi melibatkan semua tingkat manajemen. Maka dalam setiap langkah kegiatan, faktor keselamatan harus diutamakan. Oleh karena itu budaya keselamatan merupakan suatu hal yang penting sehingga menjadi tujuan yang ingin diwujudkan dalam pemanfaatan tenaga nuklir yaitu sikap mental yang menimbulkan rasa tanggung jawab dan komitmen seluruh jajaran perusahaan atau instansi baik pemerintah maupun swasta. Ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi telah diatur dalam Peraturan Pemerintah yang mengacu kepada ketentuan yang berlaku

secara internasional, yaitu Ketentuan yang diterbitkan oleh Badan Tenaga Atom Internasional (*International Atomic Energy Agency*) dan rekomendasi yang dikeluarkan oleh Komisi Internasional tentang Proteksi Radiasi (*International Commission on Radiological Protection*).

Berbagai macam cara sederhana dapat dilakukan untuk menghindari atau menurunkan paparan radiasi antara lain dengan menutup rumah (*sheltering*) yakni tinggal di dalam rumah dengan jendela dan pintu ditutup yang berguna untuk perlindungan sesaat terhadap iradiasi eksterna dari bahan radioaktif di udara atau terendap di tanah dan dari penghirupan bahan radioaktif. Cara lain adalah mengevakuasi penduduk yang terbukti efektif menghindarkan paparan jangka-pendek sehingga melindungi masyarakat dari penghirupan bahan radioaktif dan paparan eksterna bahan radioaktif di udara dan di tanah. Tindakan lainnya adalah menyediakan pil iod stabil. Dengan mengkonsumsi iod stabil (non-radioaktif) maka akan terhindar dari penyerapan iod radioaktif yang terlepas dari reaktor. Pemberian iod ini dikombinasikan dengan penutupan rumah/tempat tinggal (*sheltering*) dan evakuasi. Yang tidak kalah pentingnya adalah menghindari atau menghentikan konsumsi susu dan makanan lain karena tingginya tingkat kontaminasi.

ICRP telah menyusun prinsip-prinsip dasar untuk mempersiapkan tindakan darurat setelah kecelakaan radiasi tinggi dan telah dibukukan dalam dokumen *Safety Series IAEA*. Tujuan utamanya adalah menghindari efek kesehatan deterministik serius pada masyarakat yang terpajan dan membatasi insiden efek stokastik pada orang yang terpajan lebih serius. Dalam menetapkan kebutuhan tertentu dan mengarahkan serta mengoptimalkan efektivitas penanganan korban, diperlukan pengkajian kontaminasi radioaktif interna yang dipergunakan dalam skala besar. Makalah ini membahas beberapa hal yang penting sehubungan dengan terjadinya kecelakaan radiasi dan memberikan informasi mengenai tindakan terhadap korban khususnya tindakan

dekontaminasi dengan kalium iodida (KI) yakni fungsi pil KI untuk menanggulangi dan memperkecil risiko terkena kanker tiroid.

## **PENANGGULANGAN KECELAKAAN RADIASI**

Meningkatnya penggunaan energi atom dan berbagai sumber radiasi penganon di bidang kesehatan dan industri membawa dampak yang serius seperti risiko terlepasnya unsur radioaktif ke lingkungan. Pelepasan ini dapat menyebabkan kontaminasi radioaktif di tingkat regional maupun global yang memerlukan tindakan atau respon yang cepat dan akurat/khusus untuk mengkaji dan memperkecil paparan potensial terhadap pekerja instalasi nuklir dan anggota masyarakat di sekitarnya. Dalam manajemen kedaruratan, hal paling penting adalah mengkaji paparan radiasi pada manusia di area yang terkena imbas. Komponen penting dalam program tersebut adalah melaksanakan pemantauan kontaminasi interna. Instalasi statis yang keberadaannya dimaksudkan untuk pengkajian kontaminasi radionuklida mungkin masih terkendala karena kurang atau tidak cukup peralatan dan keahlian untuk menangani sejumlah besar korban. Pengalaman dalam pengkajian dan tindakan pengobatan yang dilakukan pada kecelakaan Chernobyl dan Goiania menunjukkan bahwa ada keperluan yang mendesak untuk menyusun petunjuk pelaksanaan pemantauan perorangan dalam jumlah korban yang besar yang terkontaminasi interna menggunakan peralatan yang sederhana, mudah terjangkau serta teknik yang memadai. Peralatan yang handal biasanya tersedia di rumah sakit, pusat penelitian medis dan proteksi radiasi nasional serta laboratorium yang berhubungan dengan industri nuklir.

Kecelakaan yang besar akan melepaskan berbagai macam radionuklida terutama radioisotop iod dan berpotensi memancarkan radiasi pada populasi yang besar. Waktu paro dari sebagian besar isotop paling penting dari sejumlah unsur iod adalah berkisar antara beberapa jam hingga 8 hari. Kecelakaan

Chernobyl telah melepaskan senyawa radioaktif dalam jumlah sangat besar yakni  $2 \times 10^{18}$  Bq dengan jangkauan hingga ratusan kilometer dari reaktor. Pada awalnya perkiraan dosis yang diterima oleh penduduk didasarkan pada pemantauan lingkungan, tetapi kemudian pengukuran dilakukan langsung pada I-131 dalam tiroid dan Cs-134 seluruh tubuh serta Cs-137 dari makanan. Hingga akhir 1987 lebih dari 200.000 orang telah diuji untuk kontaminasi interna di Belarus, Ukraina dan Rusia. Di daerah yang terkena imbas di Belarus, dosis radiasi tercatat mencapai 10 Gy pada beberapa anak muda. Pada sekitar 180.000 anak dibawah umur 7 tahun di Gomel Belarus, dosis rata-rata pada tiroid diperkirakan sebesar 1 Gy dari pengukuran langsung aktivitas tiroid pada 30.000 orang. Berdasarkan hasil-hasil penelitian pada hewan percobaan, kelebihan iod juga ternyata dapat menimbulkan permasalahan tersendiri.

Pada kasus kecelakaan, penduduk yang terkena pajanan dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok sesuai dengan tingkat perkiraan kontaminasi internanya, yakni :

1. Kelompok I : korban dengan kontaminasi interna di bawah tingkat tindakan A (tidak termasuk kelompok serius) tetapi memerlukan pemantauan dengan peralatan yang lebih sensitif untuk tujuan statistik dan epidemiologi.
2. Kelompok II : korban dengan kontaminasi interna antara tingkat tindakan A dan B (kelompok medium) pada survei awal yang ditujukan untuk menentukan evaluasi lebih lanjut, termasuk pengukuran spektrum sinar gamma.
3. Kelompok III : korban dengan kontaminasi interna di atas tingkat tindakan B (serius) yang perlu penanganan spesialis untuk pengkajian awal dan akurat dengan spektrometer sinar gamma untuk mengetahui tingkat kontaminasi dan jika mungkin tindakan medis.

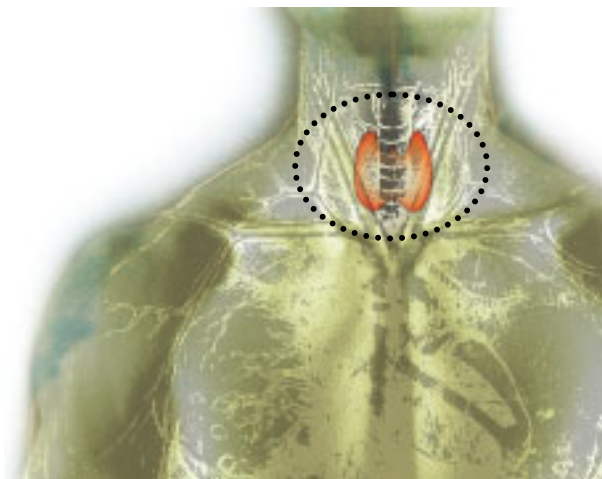
Pada pengoperasian normal/biasa atau akibat kecelakaan, bahan radioaktif di lingkungan dapat dideteksi dan dimonitor dengan berbagai cara. Pada instalasi nuklir harus dipasang detektor di sekitarnya untuk mendeteksi dan mengukur tingkat radiasi dan bahan radioaktif yang terlepas dari tempat tersebut. Di Inggris misalnya, berdasarkan kesepakatan internasional, telah dipasang instrumen atau suatu alat yang dinamakan *Radioactive Incident Monitoring Network* (RIMNET) yang dioperasikan oleh Departemen Lingkungan yang dipasang di seluruh wilayah dan akan mendeteksi lepasan radioaktif yang keluar atau masuk ke negara tersebut. Cara lain yang juga secara rutin seperti dilakukan oleh PTKMR-BATAN adalah mengkoleksi sampel air hujan untuk pemantauan partikel radioaktif dari udara dengan menganalisis di laboratorium.

Dalam keadaan kedaruratan nuklir maka harus dicegah terjadinya kerugian akibat kecelakaan radiasi tersebut dengan mengutamakan keselamatan manusia. Untuk instalasi yang mempunyai potensi dampak radiologi seperti reaktor nuklir, harus memiliki Buku Rencana Penanggulangan Keadaan Darurat untuk mengatasi potensi bahaya dari kecelakaan radiasi yang mungkin terjadi selama pengoperasian dan sekurang-kurangnya memuat hal-hal sebagai berikut:

- a. Jenis/klasifikasi kecelakaan yang mungkin terjadi pada instalasi;
- b. Upaya penanggulangan terhadap jenis/klasifikasi kecelakaan tersebut;
- c. Organisasi penanggulangan keadaan darurat;
- d. Prosedur penanggulangan keadaan darurat;
- e. Prosedur penanggulangan yang harus disediakan dan perawatannya;
- f. Personil penanggulangan keadaan darurat;
- g. Latihan penanggulangan keadaan darurat;
- h. Sistem komunikasi dengan pihak lain yang terkait dalam penanggulangan keadaan darurat.

## FUNGSI FITAL KELENJAR TIROID

Tiroid adalah kelenjar berbentuk kupu-kupu yang berada di bagian bawah leher (Gambar 1). Kelenjar tiroid selain sangat penting bagi anak-anak untuk memproduksi hormon pertumbuhan, kelenjar ini juga memproduksi hormon yang mempengaruhi setiap organ, jaringan dan sel tubuh yang mengatur metabolisme tubuh dan fungsi organ, mempengaruhi detak jantung, tingkat kolesterol, berat badan, tingkat energi, kekuatan otot, kondisi kulit, menstruasi, memori (daya ingat) dan kondisi lainnya.



Gambar 1. Tempat keberadaan kelenjar tiroid manusia di sekitar leher.

Sel tiroid adalah sel yang unik diantara sel tubuh manusia karena merupakan satu-satunya sel yang menyerap iod. Kelenjar tiroid mengabsorbsinya dari aliran darah dan mengkonsentrasikannya di dalam sel untuk memproduksi hormon. Kelenjar tiroid memerlukan unsur iod (I) untuk memproduksi hormon yang mengatur suhu dan metabolisme tubuh organisme. Sebagian besar manusia memperoleh iod untuk kebutuhan tubuh dari makanan seperti garam beriodium atau ikan atau sayuran tertentu. Kelenjar tiroid hanya bisa menyimpan sejumlah tertentu iod dalam suatu waktu. Kelenjar tiroid tidak dapat membedakan antara iod stabil dan iod radioaktif dan menyerap apapun sejauh kemampuan untuk menyerapnya.

Pada bayi dan anak-anak, kelenjar tiroid merupakan salah satu bagian/organ tubuh yang paling radiosensitif. Sebagian besar ledakan nuklir melepaskan iod radioaktif. Jika sel tiroid menyerap terlalu banyak iod radioaktif, maka akan dapat menyebabkan kanker tiroid. Bayi dan anak-anak memiliki risiko yang paling tinggi. Namun risikonya jauh lebih rendah untuk orang berumur lebih dari 40 tahun. Kanker tiroid merupakan satu-satunya kanker yang kejadiannya bertambah setelah pelepasan iod radioaktif akibat kecelakaan. KI hanya mampu melindungi tiroid yang merupakan salah satu organ yang paling memerlukan proteksi.

Untuk radiasi yang tidak segera menyebabkan kematian, tiroid adalah organ yang paling sensitif terhadap radiasi. Kadangkala ini hanya memerlukan waktu yang pendek jika korbannya anak-anak karena tiroidnya masih aktif untuk membantu pertumbuhan. Iod stabil akan menjenuhkan tiroid, mematikan mekanisme absorpsi dan akan berada di dalamnya pada waktu yang lama. Iod radioaktif dalam peredaran darah akan diikat oleh sel tiroid. Mekanisme aktif ini memerlukan suatu transporter spesifik yang disebut simpoter  $\text{Na}^+/\text{I}^-$  yang berada dalam membran basal. Kemudian  $\text{I}^-$  bergerak ke arah yang berlawanan dan dengan menggunakan transporter lainnya yang disebut pendrin kemudian meninggalkan sel dan memasuki koloid. Dalam lumen folikel  $\text{I}^-$  melakukan kontak dengan sel tiroid dan secara cepat mengalami reaksi oksidasi serta mengikat residu tirosin dari tiroglobulin melalui aksi kombinasi hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dan suatu enzim spesifik yang disebut tiroperoksidase.

Kelenjar tiroid dapat dijadikan sebagai contoh dalam mempelajari karsinogenesis genotoksik dan non-genotoksik suatu karsinogen seperti radiasi pengion karena kelenjar tiroid merupakan salah satu organ yang radiosensitif. Tumor ganas tiroid terjadi lebih dari 10% orang yang menerima dosis radiasi rendah pada saat pemeriksaan keganasan di daerah kepala dan leher selama masa kanak-kanak. Studi

epidemiologi menemukan adanya hubungan yang kuat antara tumor tiroid dengan radiasi. Radionuklida I-131 yang memasuki kelenjar tiroid akan mengablasi kelenjar tiroid melalui efek ionisasi partikel beta dengan penetrasi kurang dari 2 mm yang mengakibatkan irradiasi lokal pada sel folikel tiroid tanpa menimbulkan efek yang berarti pada jaringan lain di sekitarnya. Respon inflamasi akan diikuti dengan nekrosis seluler, dan dengan berjalannya waktu akan terjadi fibrosis dan atrofi disertai respon inflamasi kronis. Respon yang terjadi sangat tergantung pada jumlah I-131 yang ditangkap dan tingkat radiosensitivitas kelenjar tiroid. Tumor tiroid meliputi adenoma (tumor jinak) sampai karsinoma (tumor ganas) yang terdiri dari tumor berdiferensiasi buruk (*poorly differentiated*) dan berdiferensiasi baik (*well differentiated*). Etiologi dan histologinya dipengaruhi oleh lingkungan antara lain kandungan iodium dalam diet dan radiasi. Selain kecelakaan Chernobyl, sejumlah peneliti telah menemukan adanya pertambahan jumlah kejadian karsinoma tiroid pada orang yang menjalani radioterapi untuk tumor ganas, pada korban selamat bom atom dan penduduk di kepulauan Marshall yang terpajan radioiodine setelah percobaan senjata nuklir. Di samping itu, radiasi juga dapat menyebabkan neoplasia tiroid pada model hewan percobaan.

Pada kenyataannya bahwa di daerah Chernobyl sebelum terjadi kecelakaan diketahui penduduknya kekurangan iod dan merupakan daerah endemik goiter tetapi hal ini bukan penyebab atau faktor utama meningkatnya kejadian kanker tiroid. Satu faktor tersebut adalah bahwa tiroid yang kekurangan iod akan mengekspresi hormon penstimulasi tiroid (TSH) lebih kuat daripada tiroid normal. Karena kanker berawal dari pembelahan satu sel yang mengalami transformasi maka dengan suatu pemicu pembelahan sel, dapat mempercepat pembentukan keganasan. Maka diperkirakan iod ini hanya merupakan pemicu. Namun pengkajian yang hati-hati masih diperlukan untuk memastikan hal ini. Pada saat itu di daerah Belarus, prevalensi goiter tercatat hingga 40%.

## PIL KALIUM IODIDA UNTUK TINDAKAN PROTEKTIF

Satu konsekuensi yang menakutkan dari kecelakaan reaktor nuklir atau bom atom adalah pelepasan iod radioaktif ke lingkungan. Kalium iodida (KI) adalah bentuk senyawa kimia yang sama dengan iod yang digunakan untuk iodinisasi garam meja. KI menggelontor tiroid dengan iod sehingga menghindari iod radioaktif terserap oleh kelenjar tiroid. Jika diberikan pada waktu yang tepat, KI akan melindungi tiroid dari iod radioaktif yang berasal dari semua sumber baik udara, makanan, susu maupun air. KI dibuat dalam bentuk pil dan cairan. Dua merek yang diijinkan oleh *Food and Drug Administration* (FDA) Amerika Serikat untuk dosis dewasa adalah pil KI dosis 130-mg seperti IOSAT® (Anbex, Inc.) dan Thyro-Block® (Medpointe, Inc.). Merek lain yang diijinkan oleh FDA adalah pil KI dosis 65-mg seperti ThyroSafe® (Recip US). Dalam kemasan yang aman, KI memiliki waktu pakai minimal hingga 5 tahun dan mungkin bisa mencapai 11 tahun. Jika terjadi kecelakaan, dianjurkan untuk menggunakan pil yang lebih tua umurnya, walaupun pil ini tidak bekerja maksimal tetapi tidak akan berbahaya bagi pemakainya.

Setelah kecelakaan Chernobyl tahun 1986, angin menghembuskan awan radioaktif ke seluruh benua Eropa. Sebanyak 3.000 orang yang terkena pajanan radiasi ini telah mengidap kanker tiroid. Sebagian besar korban adalah mereka yang saat terjadi kecelakaan masih bayi atau anak-anak yang tinggal di Ukraine, Belarus atau Rusia. Menurut Laporan PBB (UN) yang diterbitkan pada February 2002, sekelompok orang lain yang berjumlah 8.000 hingga 10.000 terkena paparan yang diperkirakan akan mengidap kanker tiroid dalam 10 tahun mendatang. Negara Polandia, yang berbatasan langsung dengan Belarus dan Ukraina, telah mendistribusikan pil KI kepada anggota masyarakatnya dan terbukti tidak terjadi kenaikan kasus kanker tiroid.

Pil KI dapat diminum dalam 6-12 jam sebelum paparan iod radioaktif, dan KI akan

mengisi sel tiroid sehingga mencegah kelenjar tiroid menyerap iod radioaktif. KI juga bersifat melindungi jika diambil dalam waktu beberapa jam setelah paparan iod radioaktif. Masyarakat harus menelan satu dosis setiap hari hanya pada saat mereka terpapar iod radioaktif dan satu hari sesudahnya. Korban tidak perlu memakan makanan yang mengandung iod. KI harus digunakan hanya dengan petunjuk dokter atau penguasa kesehatan setempat. Hanya penguasa kesehatan setempat yang menentukan isotop radioaktif apa saja yang terlepas selama kecelakaan nuklir, dan jika iod radioaktif terlepas maka perlu menelan pil KI selama waktu tertentu. Setelah 3 bulan, perlu diperiksa kadar T3, T4, ETSA dan uji *scanning* tiroid. Untuk memastikan ada tidaknya pembentukan kanker, maka perlu dilakukan uji tiroglobulin.



Gambar 2. Pemonitoran kelenjar tiroid untuk mengetahui kontaminasi interna oleh iod Radioaktif menggunakan detektor sinar gamma.

FDA telah mempublikasikan rekomendasi umum untuk dosis minimum pil KI yakni dosis 130-mg untuk dewasa, 65 mg untuk anak-anak berumur 3 hingga 18 tahun, 32 mg untuk bayi umur 1 bulan hingga 3 tahun, dan 16 mg untuk bayi baru lahir hingga umur 1 bulan. Di Amerika Serikat, pil KI dijual dalam ukuran dosis 130-mg dan 65-mg. Pil dibuat dengan penggunaan secara

mudah untuk dosis anak-anak. Menurut FDA, anak-anak berumur lebih dari 1 bulan dapat diberikan secara aman dosis pil KI dosis 130-mg selama 2 hari berturut-turut. Akan tetapi, untuk bayi baru lahir harus diberikan hanya dosis 16-mg. Cara paling mudah untuk membuat dosis 16-mg adalah mengencerkan pil 130-mg dalam suatu volume tertentu air minum. Alternatif lain untuk membuat dosis 16 mg dapat diperoleh dari bentuk cairan KI bentuk jenuh (*saturated solution of kalium iodide* [SSKI]) namun memerlukan petunjuk/resep dokter.

Jutaan orang telah menelan pil KI tetapi hanya sedikit efek samping yang mereka rasakan. Hanya bagi mereka yang alergi terhadap reaksi iod yang dilarang menggunakannya. Orang berumur lebih dari 40 tahun tidak memerlukan KI kecuali terkena pajanan sangat tinggi oleh iod radioaktif. Jika KI diberikan dalam waktu cukup lama, maka akan menyebabkan hipotiroid temporer (kelenjar tiroid kurang aktif). Pemberian yang diperpanjang dapat menjadi masalah serius untuk anak-anak sehingga memerlukan petugas kesehatan yang professional. Pasien dengan Graves' hipertiroidism atau fungsi nodul tiroid harus juga diperiksa. Namun pada umumnya, 90% pasien kanker tiroid dapat bertahan hidup.



Gambar 3. Pil KI yang dikemas dan dapat dikonsumsi penduduk di sekitar area pengoperasian rutin pembangkit listrik tenaga nuklir dan saat terjadi kecelakaan.

Kanker yang muncul akibat kecelakaan Chernobyl terlihat agresif dan di luar dugaan dapat mempengaruhi anak-anak di bawah umur 5 tahun. Penderita kanker tiroid memiliki risiko kekambuhan dan memerlukan pengobatan yang lama. Demikian juga seseorang yang terkena paparan iod radioaktif akibat kecelakaan Chernobyl tetapi tidak menderita kanker tiroid memiliki risiko menderita dan harus terus diuji. Uji regular dan pemantauan pada populasi yang besar ini harus diprioritaskan baik pada pasien maupun sistem pengobatan kesehatannya. Penguasa setempat juga harus merekomendasikan bahwa masyarakat segera meninggalkan tempat kedaruratan nuklir secepat mungkin. Harus dimengerti juga bahwa pil KI hanyalah sebagai pelengkap/suplemen pada saat evakuasi. Kecelakaan nuklir tidak dapat diprediksi dan pada saat evakuasi penduduk dapat terjadi kemacetan lalu lintas sehingga terhambat, oleh karena itu pemberian pil KI menjadi penting sebelum dievakuasi dengan mengikuti instruksi petugas kesehatan setempat.

Pil KI tidak hanya diberikan pada penduduk yang berada di area berjarak 10 atau 20 mil. Tidak ada seorang pun yang dapat mengetahui sejauh mana awan iod radioaktif tersebar. Setelah kecelakaan Chernobyl, laju kanker tiroid lebih tinggi dari yang diduga pada jarak 200 mil dari instalasi nuklir. Dengan demikian setiap negara sebaiknya mendistribusikan pil KI untuk melindungi paparan iod radioaktif. Karena tidak ada jawaban/petunjuk yang memuaskan maka *American Thyroid Association* merekomendasikan tiga tingkat yang ditentukan berdasarkan jarak dari instalasi nuklir. *Department of Health and Human Services* Amerika Serikat telah memasukkan pil KI dalam *National Pharmaceutical Stockpile* untuk kedaruratan kesehatan. Berikut ini disajikan distribusi pil KI menurut jarak dari pusat kecelakaan.

1. Jarak 0-50 mil : pil KI diberikan kepada kepala keluarga dengan persediaan ekstra disimpan di kotak obat untuk kedaruratan.
2. Jarak 50-200 mil : pil KI disimpan di fasilitas umum seperti sekolah, rumah sakit, klinik, kantor pos, kantor polisi dan pemadam kebakaran dan untuk distribusinya memerlukan perijinan dari petugas kesehatan setempat.
3. >200 mil : pil KI disimpan di Departemen Kesehatan dan Pelayanan Umum.

Peranan iod radioaktif (Iod-131) yang terbentuk pada instalasi pembangkit listrik tenaga nuklir adalah sangat penting karena mobilitas dan radioaktivitasnya dengan umur paro 8 hari. Para peneliti telah mencatat bahwa anak-anak yang terpajan radiasi akibat kecelakaan Chernobyl menderita suatu bentuk kanker tiroid yang agresif lebih cepat dan lebih tinggi dari yang diduga. Anak-anak sangat rentan untuk terjangkit kanker tiroid karena kelenjarnya berukuran kecil dan mengkonsentarsi iod dari jatuhan radioaktif karena mereka mengonsumsi susu dan terkena paparan dosis iod radioaktif lebih besar dan tiroidnya diduga lebih mudah rusak akibat radiasi.

Pil KI tidak dapat melindungi semua jenis pajanan radiasi. Persediaan pil KI merupakan hal penting bagi anggota masyarakat yang terkena imbas pengoperasian instalasi pembangkit nuklir. Tetapi iod radioaktif hanya satu dari sekian banyak produk radioaktif yang secara bersama-sama terlepas dari reaktor yang rusak. Sebagai contoh lepasan juga akan mengandung jatuhan radioaktif cesium-137, strontium-90 dan unsur-unsur gas mulia, dll. Meskipun sebagian besar dikategorikan sebagai pil “anti-radiasi”, KI tidak dapat melindungi isotop radioaktif lain yang memiliki umur paro panjang. Penduduk yang berada di lingkungan dengan awan radioaktif juga akan menerima pajanan seluruh tubuh sinar gamma yang berbahaya dan berpotensi sebagai korban radiasi letal. Inhalasi dan pemasukan melalui mulut gas radioaktif lain dan partikel

akan menyebabkan kanker dan penyakit lain pada paru-paru, system pencernaan, darah dan organ reproductif.

Iod radioaktif (I-131) adalah produk antara dari fisi nuklir yang terjadi hanya dalam reaktor nuklir atau peledakan bom nuklir. Pentingnya pil KI terbukti setelah kecelakaan nuklir Chernobyl, dimana penguasa setempat mendistribusikan pil ini sesaat setelah ledakan. Pada tahun-tahun pertama setelah kecelakaan, tidak terdeteksi pertambahan insiden kanker tiroid pada penduduk yang mengkonsumsi obat ini. Tetapi pada area dimana KI tidak diberikan, kasus kanker tiroid yang sebelumnya jarang terjadi muncul pada laju epidemic dengan jumlah kasus lebih dari 11.000. Jumlah ini terus bertambah dan diduga belum akan mencapai puncaknya hingga tahun 2010 mendatang. KI dinyatakan aman dan cukup efektif untuk mencegah distribusi iod radioaktif dan penduduk disarankan untuk berkonsultasi dengan dokter dan juga dokter anak untuk memperoleh dosis yang sesuai.

Seperti disebutkan di atas bahwa pemberian iod stabil adalah cara yang efektif untuk menurunkan radiasi pada tiroid. Satu dosis tunggal yang besar cukup untuk melindungi tiroid hingga 24 jam pasca kontaminasi dan perlu diulangi setiap hari jika tingkat polusi radioaktifnya tinggi dan berlangsung selama beberapa hari. Dosis yang direkomendasikan di Perancis adalah sebagai berikut umur <36 bulan adalah 25 mg; anak-anak 50 mg, wanita dewasa dan hamil adalah 100 mg. Jika iod stabil diberikan sebelum atau bersamaan dengan terjadinya kontaminasi, maka iodin stabil yang berlebihan adalah paling efektif dengan cara pengenceran isotopik dan penghambatan spesifik melalui proses penjebakan (trapping). Dalam suatu studi, proteksi segera mampu menurunkan *uptake* 3 jam dari 6,9% menjadi 2,4%, sedangkan *uptake* 24 jam mampu menurunkan dari 17% menjadi 0,7%. Kelenjar tiroid dewasa normal akan beradaptasi dengan kelebihan iod ini. Oleh karena itu jika terjadi kelebihan iod maka pemasukan iod ke dalam tiroid akan menurun yang mungkin melalui penurunan tingkat

simpoter  $\text{Na}^+/\text{I}^-$ . Penurunan pemasukan iod dan oleh karena itu menurunkan tingkat iod bebas dalam tiroid maka kemungkinan proses reaksi pembentukan berhenti. Harus diketahui bahwa tindakan ini dikatakan efektif jika jumlah iod stabil mampu menurunkan 24 jam *uptake* iod radioaktif hingga kurang dari 1%.

## **PENUTUP**

Jika terjadi kedaruratan nuklir, maka iod radioaktif (I-131) akan terlepas ke udara berupa jatuhnya (“fallout”) yang mungkin terhirup atau termakan. Iod ini terserap dalam kelenjar tiroid dan dapat menyebabkan kondisi yang mengancam keselamatan seperti kanker tiroid. Iod stabil akan menjenuhkan kelenjar dan karenanya menurunkan kemungkinan iod radioaktif terserap ke dalam kelenjar tiroid. Banyak orang salah mengartikan keselamatan. Mereka percaya bahaya jatuhnya nuklir terjadi hanya dalam radius 10 mil dari lokasi kecelakaan. Hal ini sama sekali tidak benar. Banyak studi telah menunjukkan bahwa kerusakan kelenjar tiroid dapat terjadi pada jarak lebih dari 200 mil akibat hembusan udara dari kecelakaan nuklir. Perencanaan kedaruratan tidak saja memfokuskan pada area dekat pembangkit energi nuklir tetapi mencakup jangkauan wilayah yang luas. Jatuhnya dari Chernobyl dapat terdeteksi pada lebih dari 300 mil dari lokasi reaktor. Jika seseorang tinggal dalam jarak 300 mil dari reaktor, pil KI dapat melindungi keluarga dari efek iod radioaktif.

Dosis radiasi serendah apapun dapat menyebabkan kanker dan penyakit genetik lainnya dan ini harus selalu menjadi pijakan. Dampak yang muncul setelah terjadinya kecelakaan seperti kasus leukemia, kanker hati (hepatoma), dan tingginya kasus kanker tiroid setelah kecelakaan masih menyisakan pertanyaan, apakah hal ini disebabkan oleh pajanan radiasi semata. Kurangnya data pendukung seperti riwayat kesehatan penduduk setempat, minimnya fasilitas kesehatan dan data pendukung bukan radiasi seperti kandungan iodium dalam diet,



faktor predisposisi dan genetik serta kerentanan suatu suku/etnik, dll. Hal-hal inilah yang juga perlu dipersiapkan sejak awal jika seandainya pemerintah menetapkan pembangkit listrik tenaga nuklir sebagai salah satu solusi penanggulangan krisis listrik di Jawa dan Bali.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. ANONIM, Nuclear Information and Resource Service, 1424 16th Street NW Suite 404, Washington, DC 20036.
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA Bulletin 47/2, March 2006, Vienna Austria, hal. 41.
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Directory of Whole-Body Radioactivity Monitors, 1970 edition, IAEA, Vienna, 1970.
4. IL'IN, L.A. et al. "The Chernobyl experience in the context of contemporary radiation protection problems", Medical aspects of the Chernobyl accident (Proc. Conf. Kiev, 11-13 May 1988), IAEA-TECDOC-516, Vienna, 1989, 47-63.
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The radiological accident in Goiania, IAEA, Vienna, 1988.
6. LEVY, O., DAI, G., REIDEL, C., GINTER, C.S., PAUL, E.M., LEBOWITZ, A.N. and CARRASCO, N., Characterization of the thyroid Na<sup>+</sup>/I<sup>-</sup> symporter with anti-COOH terminus antibody, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94, 5568-5573, 1997.
7. KOHN, L.D., SUZUKI, K., NAKAZATO, M., ROYAUX, I., and GREEN, E.D., Effects of thyroglobulin and pendrin on iodide flux through the thyrocyte, Trends Endocrinol. Metabol. 12, 10-16, 2001.
8. HINDIE, E., WALKER F., PETIET, A., BOURAHLA, K., GALLE, P., and COLAS-LINHART, N., The perinatal thyroid in iodine deficient regions: risks of radioiodone-hazards of stable iodine overload. A study in the newborn rat, Cellular and Molecular Biology 47, 411-416, 2001.
9. BAVERSTOCK K.F., Public health questions raised by the Cherobyl accident, Organization mondiale de la sante, Roma Italia, 2000.
10. FOGELFELD, L., BAUER, T.K., SCHNEIDER, A.B., SWARTZ, J.E. and ZITMAN, R. p53 gene mutations in radiation-induced thyroid cancer. J. Clin Endocrin Metab 81(8): 3039-3044, 1996.
11. KUMAR, V., COTRAN, R.S., and ROBBINS, S.L., Basic Pathology, edisi ke-5 (Editor: Jennifer Mitchell), WB. Sanders Co., PA, USA, 1992.
12. EZAKI, H., TAKEICHI, N. and YOSHIMOTO, Y. J Radiat Res Suppl 1991; 32: 193-200.
13. DOBYNS, B.N. and HYRMER, B.A. The surgical management of benign and malignant thyroid neoplasms in Marshall Inslander exposed to hydrogen bomb fallout. World J Surg 16: 126-40, 1992.
14. DUMONT, J.E., MALONE, J.F., and VAN HERLE, A.J. Irradiation and thyroid disease: dosimetric, clinical and carcinogenic aspects, Report EUR 6713ER, Luxemburg: Commission of the European Communities, 1980.
15. LEE, W., CHIACCHIERINI, R.P., SHLEIN, B., and TELLES, N.C. Thyroid tumors following I-131 or localized x-irradiation to the thyroid and the pituitary glands in rats. Radiation Research 92: 307-319, 1982.