

RISIKO RADIASI DARI COMPUTED TOMOGRAPHY PADA ANAK

Zubaidah Alatas

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya 49, Jakarta Selatan
Email: zalatas@batan.go.id

ABSTRAK

RISIKO RADIASI DARI COMPUTED TOMOGRAPHY PADA ANAK. *Computed Tomography (CT)* adalah test medik non invasif yang digunakan untuk deteksi, diagnostik dan menindak penyakit. CT merupakan kombinasi antara sumber sinar x dan sistem komputerisasi yang canggih untuk menghasilkan sejumlah citra atau gambar tentang kondisi internal tubuh. Sejak pengenalan CT pada tahun 1970an, penggunaannya meningkat secara cepat. Berdasarkan sifatnya, CT melibatkan tingkat paparan dosis radiasi pengion yang lebih besar dibandingkan dengan prosedur pencitraan sinar-x konvensional. Dosis efektif radiasi dari prosedur ini berkisar dari 5 sampai 100 mSv, kurang lebih sama dengan rerata manusia menerima paparan radiasi alam selama 8 bulan sampai 3 tahun. Terdapat bukti epidemiologik yang kecil tetapi signifikan terhadap peningkatan risiko kanker akibat dosis radiasi dari tindakan CT. Karena anak-anak lebih sensitif terhadap radiasi, maka penggunaan CT pada anak hanya jika sangat penting dalam membuat keputusan diagnostik dan tidak dilakukan pengulangan kecuali jika sangat diperlukan. Meskipun risiko individual terhadap kanker tidak besar, tetapi peningkatan paparan radiasi dalam populasi berpotensi menjadi isu kesehatan masyarakat di masa datang. Makalah ini membahas sifat dan aplikasi utama CT sebagai alat diagnostik, dosis radiasinya, risiko kanker pada anak sebagai isu kesehatan masyarakat, dan upaya untuk mengurangi dosis radiasi CT pada anak. Informasi dalam makalah ini diharapkan untuk membantu dalam pengambilan keputusan dan diskusi dengan tim medik, pasien dan keluarga.

Kata kunci : *Computed tomography*, anak, pencitraan diagnostik, radiasi pengion, kanker

ABSTRACT

RISK OF RADIATION FROM COMPUTED TOMOGRAPHY ON CHILDREN. *Computed Tomography (CT)* is a noninvasive medical test that is used to detect, diagnose and treat diseases. CT combines special x-ray equipment with sophisticated computers to produce multiple images or pictures of the inside of the body. Since the inception of CT in the 1970s, its use has increased rapidly. By its nature, CT involves larger radiation doses than the more common, conventional x-ray imaging procedures. The effective dose from this procedure is approximately from 5 to 100 mSv which is comparable to the exposure of natural radiation for about 8 months to 3 years. There is epidemiological evidence of a small but significant increased cancer risk at typical CT doses. Because children are more sensitive to radiation, they should have a CT study only if it is essential for making a diagnosis and should not have repeated CT studies unless absolutely necessary. Although the risks of cancer for any one person are not large, the increasing exposure to radiation in the population may be a public health issue in the future. This paper reviews the nature of CT scanning and its main clinical applications as diagnostic tool, the associated radiation doses, the consequent cancer risks in children as the issue of public health, and the efforts to reduce the doses of pediatric CT. The information in this paper is expected to aid in decision-making and discussions with the health care team, patients and families.

Key Words: *computed tomography, children, diagnostic imaging, ionizing radiation, cancer.*

PENDAHULUAN

Computed Tomography (CT) adalah alat diagnostik menggunakan sinar-X yang dapat memberikan informasi visual secara rinci dan akurat tentang kondisi sistem organ

internal tubuh. Hasil pencitraan *cross-sectional* bagian dari organ target dapat diamati secara seksama pada monitor komputer dan dicetak atau ditransfer ke dalam CD. Pemeriksaan dengan CT skan pada organ

dalam tubuh, tulang, jaringan lunak dan pembuluh darah memberikan informasi yang jauh lebih baik dan lengkap dibandingkan pemeriksaan dengan sinar-x konvensional. Dengan peralatan canggih ini dan keahlian khusus untuk memperoleh dan menginterpretasi hasil CT scan tubuh, para radiologist dapat dengan lebih mudah mendiagnosa penyakit khususnya kanker, penyakit jantung dan pembuluh darah, penyakit infeksi, apendiks, trauma dan kelainan musculoskeletal^[1].

Telah terjadi peningkatan tajam penggunaan CT scan untuk keperluan diagnostik pada anak^{[2][3]} dan skrining pada orang dewasa yang cenderung akan terus berlangsung^[4] pada beberapa tahun yang akan datang. Kekawatiran timbul karena sekali tindakan CT scan akan memberikan paparan radiasi pada organ target dengan dosis mencapai 100 kali lebih besar dari tindakan radiologi konvensional seperti foto rontgen. Dalam implementasinya pada anak, prosedur CT scan sangat bermanfaat untuk mendiagnosa penyakit dan luka pada anak, khususnya limfoma, neuroblastoma, kelainan bawaan pada pembuluh darah, dan ginjal^[2].

Peningkatan dalam penggunaan teknik pencitraan CT scan pada anak berpotensi pula meningkatkan paparan radiasi pada anak yang menyebabkan tindakan CT pada anak menjadi perhatian khususnya terkait kesehatan masyarakat. Faktor yang membuat CT scan menjadi pusat perhatian adalah (1) tingkat paparan radiasi lebih tinggi dari pencitraan diagnostik lainnya, (2) penggunaan yang meningkat cepat, (3) penggunaan parameter yang sama dalam prosedur CT scan baik untuk anak maupun orang dewasa, dan (4) potensi risiko kanker. Besaran energi radiasi yang terima setiap organ pada tindakan CT scan dinyatakan dosis serab (Gy) yang menggambarkan jumlah energi (Joule) yang diterima per massa jaringan/organ tubuh (Kg). Ketika mencakup dosis radiasi pada beberapa organ yang terlibat dalam tindakan CT scan, dosis efektif (Sv) yang digunakan untuk kuantifikasi risiko pada pasien. *International Committee on Radiological Protection (ICRP)* menyatakan bahwa dosis serab pada jaringan tubuh dari tindakan CT scan sering mendekati atau melampaui tingkat yang diketahui berpotensi meningkatkan probabilitas terbentuknya kanker^[6].

Makalah ini membahas sifat dan aplikasi utama CT sebagai alat diagnostik, tingkat paparan radiasi pada penggunaan CT scan pada anak dan konsekuensinya berupa induksi kanker yang berpotensi sebagai masalah kesehatan masyarakat, dan upaya untuk mereduksi dosis radiasi CT pada anak-anak. Sangat diharapkan informasi ini dapat membantu dalam inisiasi dialog antara tim medik dengan pasien dan keluarga terkait dengan keseimbangan manfaat dan risiko dari penggunaan CT scan pada anak.

Computed Tomography - Pemanfaatannya

Peralatan CT scanner berupa mesin berbentuk kotak besar dengan sebuah lobang atau terowongan pendek pada bagian tengahnya. Pasien akan berbaring di atas meja pemeriksaan yang sempit. Di sekeliling tubuh pasien terdapat tabung sinar-X yang berotasi dan detektor sinar-X terdapat pada posisi yang berlawanan dalam sebuah cincin yang disebut *gantry*. Sistem komputerisasi memproses informasi pencitraan terdapat dalam ruangan yang terpisah. ketika teknologit mengoperasikan CT scanner dan memonitor proses pemeriksaan pasien. Pada pemeriksaan dengan sinar-X konvensional, sebuah hamburan kecil radiasi ditujukan pada tubuh pasien dan citra yang terbentuk direkam pada film fotografik atau tempat rekaman khusus lainnya. Pada film, struktur tulang akan nampak putih jaringan lunak berupa bayangan abu-abu, dan udara nampak berwarna hitam. Pada prosedur CT scanner, sejumlah besar hamburan sinar-X dan pengaturan elektronik detektor sinar-X berotasi pada seluruh tubuh pasien untuk mengukur jumlah radiasi yang diserab seluruh tubuh pasien^[7].

Prinsip dasar *axial* dan *helical* (spiral) *scanning* CT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 adalah sebagai berikut. Sebuah meja bermotor menggerakkan pasien melewati sistem pencitraan CT. Pada saat yang bersamaan, sebuah sumber sinar-X berotasi dalam pembukaan sirkular, dan stau set detektor sinar-x berotasi secara selaras pada sisi lain dari tubuh pasien. Sumber sinar-X menghasilkan pancaran radiasi berbentuk kipas dengan lebar antara 1 sampai 20 mm. Pada CT *axial* yang umumnya digunakan untuk scan kepala, meja berada pada posisi statis selama rotasi, yang kemudian terus digerakkan untuk

slice berikutnya. Pada CT *helical* yang umumnya digunakan untuk skan tubuh, meja bergerak secara kontinyu bersamaan dengan sumber sinar-X dan detektor berotasi untuk menghasilkan sebuah skan spiral. Ilustrasi ini menunjukkan sebuah rangkaian tunggal detektor meskipun sesungguhnya mesin umumnya memiliki rangkaian sejumlah detektor yang beroperasi secara bergantian (*side by side*), sehingga beberapa *slice* (dapat mencapai 64 buah) dapat dicitrakan secara simultan yang mereduksi waktu total *scanning*. Semua data diproses oleh komputer untuk menghasilkan satu seri citra dalam bentuk *slice* tiga dimensi dari organ atau bagian tubuh yang menjadi target [7].



Gambar 1. Prinsip dasar dari CT [7]

CT *scanner* yang modern dapat melakukan skan seluruh bagian tubuh dengan sangat cepat, hanya dalam beberapa detik. Kecepatan tinggi seperti ini sangat bermanfaat untuk semua pasien khususnya anak-anak, pasien lanjut usia, dan pasien sakit parah. Untuk anak-anak, teknik CT *scanner* dapat disesuaikan untuk mereduksi dosis radiasi. Untuk beberapa pemeriksaan CT skan, bahan kontras digunakan untuk meningkatkan visibilitas bagian tubuh yang menjadi target pemeriksaan. Pemeriksaan dengan CT skan tidak menimbulkan rasa sakit, tidak infasif, cepat, sederhana, dan akurat dengan keutamaan memberikan sejumlah citra yang rinci tentang kondisi organ target di saat yang bersamaan. Pada kondisi emergensi, pemeriksaan ini dapat menunjukkan kerusakan dan pendarahan internal dengan cukup cepat dalam rangka melakukan penyelamatan hidup pasien. Tidak

seperti diagnostik sinar-x konvensional, tindakan CT skan sering digunakan untuk identifikasi kerusakan pada paru, jantung dan pembuluh darah, hati, limfa, ginjal, dan organ pencernaan secara cepat; untuk merencanakan dan mengkaji keberhasilan tindakan operasi; untuk mengetahui stadium kanker sebagai dasar pertimbangan pemberian tindakan radioterapi; untuk memantau respon tindakan kemoterapi; untuk mengukur densitas mineral dalam tulang untuk deteksi osteoporosis; dan lainnya [7].

Penggunaan CT dapat dikategorikan berdasarkan tujuan pencitraan yang dilakukan yaitu untuk diagnosis pada pasien simptomatik atau untuk skrining pasien asimtomatik. Peningkatan terbesar dari penggunaan CT skan untuk dewasa adalah untuk pasien asimtomatik dengan aplikasi paling banyak untuk skrining *colon polyp (virtual colonoscopy)* [8][9], kanker paru tahap awal pada perokok dan mantan perokok [9][10], penyakit jantung [7] dan seluruh tubuh [1][11]. Penggunaan utama CT pada anak adalah untuk diagnosis apendiks yang lebih akurat dan efektif sebelum tindakan operasi dilakukan [12]. Peningkatan dalam penggunaan CT pada anak terutama disebabkan oleh sedikitnya waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan sekali skan yaitu kurang dari 1 detik dan tidak membutuhkan tindakan anestesi untuk mencegah seorang anak bergerak selama proses pemeriksaan berlangsung [2].

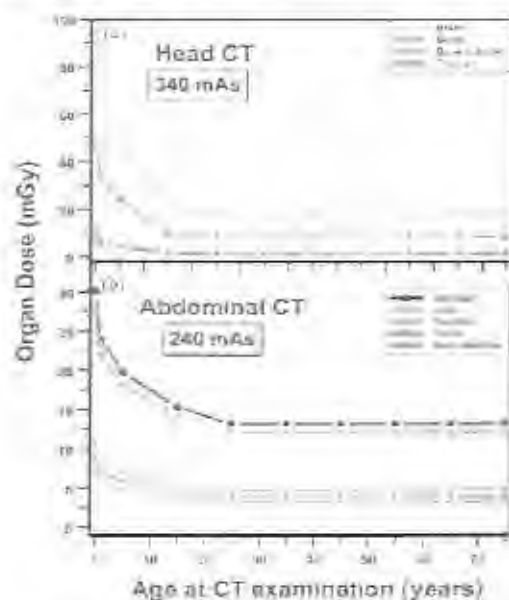
Tingkat Radiasi Pada Organ Dalam Pemeriksaan Dengan Ct Scan

Perbandingan dosis radiasi yang diterima organ target dari beberapa metode pemeriksaan radiologik ditunjukkan pada Tabel 1. Terlihat bahwa dosis tipikal untuk paru dengan sinar-X paru konvensional antara 0,01 mGy sampai 0,15 mGy, sementara dosis tipikal pada organ yang diperiksa dengan CT adalah sekitar 10 mGy sampai 20 mGy, dan dapat mencapai 80 mGy untuk 64 *slices* pemeriksaan CT *coronary angiography* [11].

Pada tindakan CT skan yang paling umum, besaran dosis radiasi yang diterima organ target dari sekali pemeriksaan dengan CT skan ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini dengan *setting* mesin yang umum digunakan untuk skan area kepala dengan organ utama otak dan area abdomen dengan organ utama sistem pencernaan [7].

Tabel 1. Perkiraan besaran dosis yang diterima organ utama pada berbagai pemeriksaan radiologik^[1].

Jenis pemeriksaan	Organ terkait	Dosis organ terkait (mGy atau mSv)
X-ray gigi	Otak	0,005
X-ray dada PA	Paru	0,01
X-ray dada lateral	Paru	0,15
Mamografi	Payudara	3
CT abdomen dewasa	Lambung	10
CT abdomen bayi	Lambung	20
CT angiografi koroner	Paru	40-100



Gambar 2. Perkiraan dosis organ (mGy) dari standar CT scan tunggal pada (a) kepala dan (b) abdomen sebagai fungsi usia saat pemeriksaan^[7]

Tingkat paparan radiasi pada organ target dalam pemeriksaan dengan CT scan terutama bergantung pada jumlah scan, produk arus tabung dan waktu scan (mAs), ukuran tubuh pasien, rentang *axial scan*, *scan pitch* (tingkat *overlap* antara *slice* yang berdekatan), maksimum voltase tabung (kVp) dan desain *scanner* tertentu^[15]. Dosis radiasi yang diterima organ tubuh terutama bergantung pada jumlah scan dan *milliamp-seconds* (mAs) setting^[11]. Sebagian dari parameter ini dapat disesuaikan dengan jenis pemeriksaan dan

ukuran tubuh pasien. Untuk pengaturan mAs tertentu, dosis pada anak jauh lebih besar dari dosis dewasa karena torso anak yang lebih tipis memberikan penahan/tabir lebih kecil terhadap paparan radiasi pada organ. Pengurangan mAs untuk keperluan pemeriksaan pada anak secara proporsional dapat mereduksi dosis radiasi pada anak (tetapi kenyataannya sering tidak dilakukan. Tindakan reduksi ini memperkecil risiko kanker akibat radiasi pada anak^{[16][27]}.

Risiko Radiasi Dari Pencitraan Diagnostik Ct Scan

Paparan radiasi pengion pada materi biologik umumnya menginisiasi pembentukan radikal bebas hidroksil sebagai hasil interaksi radiasi dengan molekul air. Radikal bebas ini akan berinteraksi dengan molekul DNA terdekat dan menyebabkan kerusakan pada ikatan dan struktur penyusun DNA yaitu berupa kerusakan pada basa nitrogen (seperti pirimidin dimer) dan kerusakan pada struktur molekul gula dan fosfat yang mengakibatkan putusya strand DNA (*single strand break* dan *double strand breaks*). Sinar-x dapat mengionisasi DNA baik secara langsung maupun tidak langsung melalui pembentukan radikal bebas tersebut di atas. Sebagian besar kerusakan DNA dapat dengan cepat mengalami proses perbaikan dengan berbagai sistem perbaikan enzimatis DNA di dalam sel. Kerusakan DNA *double strand breaks* merupakan kerusakan paling sulit untuk diperbaiki dan berpotensi menimbulkan kesalahan dalam proses perbaikan yang akhirnya dapat mengarah pada induksi mutasi titik dan aberasi kromosom yang semuanya sangat berpotensi dalam menginisiasi proses pembentukan kanker atau karsinogenesis radiasi^[18].

CT *scanners* and peralatan pencitraan diagnostik lainnya menggunakan sumber radiasi dengan dosis rendah yang didefinisikan sebagai sebuah dosis yang kurang dari sekitar 100 mSv. Pada paparan yang lebih tinggi, risiko kanker meningkat secara linier dengan meningkatnya dosis sampai menyebabkan kematian sel terjadi pada paparan sangat tinggi. Hubungan antara paparan radiasi dan risiko kanker dari radiasi dosis rendah adalah kurang jelas^[14].

Potensi risiko kesehatan yang berhubungan dengan tindakan pemeriksaan

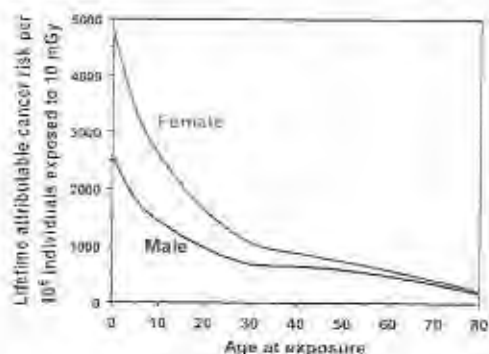
dengan prosedur radiologi dosis tinggi dapat secara kuantitatif dikaji dengan beberapa cara. Satu pendekatan sederhana menggunakan konsep dosis efektif sebagai nilai tunggal yang proporsional dengan tingkat kerusakan radiobiologik yang dapat berupa karsinogenesis, pemendekan masa hidup dan efek pewarisan. Dosis efektif merupakan penjumlahan dari dosis ekuivalen terhadap radiosensitivitas setiap organ/jaringan yang telah dikoreksi dengan faktor bobot jaringan berdasarkan spesifik jaringan. Dosis efektif umumnya digunakan dalam radiologi untuk memungkinkan dilakukan perbandingan risiko terkait distribusi dosis radiasi yang berbeda yang dihasilkan oleh teknik pencitraan yang berbeda. Jika dosis efektif pada semua individu yang terlibat dijumlahkan, hasilnya adalah dosis kolektif. Jika dosis kolektif kemudian dikalikan dengan perkiraan risiko fatal kanker generik pada paparan seluruh tubuh, hasilnya adalah perkiraan sangat kasar tentang jumlah kanker fatal yang dihasilkan dari prosedur^[6].

Pendekatan yang lain melalui studi epidemiologi skala besar tentang risiko kanker terkait dengan CT scan Akan tetapi studi ini masih tahap awal dan belum memberikan hasil sampai beberapa tahun ke depan. Perkiraan risiko kanker terkait paparan radiasi dari penggunaan CT scan masih memungkinkan untuk dilakukan dengan mengukur atau menghitung dosis organ yang terlibat dan menerapkan data insiden atau mortalitas kanker spesifik organ yang telah diperoleh dari studi epidemiologi risiko kanker pada para korban bom atom Hiroshima dan Nagasaki.

Data dari korban bom atom merupakan *gold standard* dalam kajian kuantitatif risiko karsinogenesis radiasi dosis rendah yang terus dilakukan selama 60 tahun dan masih berlangsung sampai saat ini. Data dari kohort korban bom ini umumnya digunakan sebagai dasar untuk prediksi risiko terkait radiasi pada suatu populasi karena kohortnya besar, telah secara intensif dipelajari selama periode beberapa dekade dan mencakup semua kelompok usia. Estimasi risiko kanker akibat dari dosis radiasi yang relevan dengan dosis dari CT scan adalah dari studi pada sekitar 30.000 korban bom atom yang bertahan hidup yang terpapar radiasi dengan dosis sebanding dengan satu atau beberapa kali CT scan^[16]. Terdapat peningkatan nyata dalam keseluruhan

risiko kanker pada sub grup korban bom atom yang menerima radiasi dosis rendah antara 5 sampai 150 mSv^{[21][22][23]} dengan rerata dosis pada sub grup ini sekitar 40 mSv. Nilai ini setara dengan dosis organ dari tipikal pemeriksaan dengan CT scan yang melibatkan dua atau tiga scan pada dewasa. Dua kesimpulan utama dari studi epidemiologi pada korban bom atom adalah (1) risiko semua kanker solid konsisten dengan peningkatan linier dosis radiasi, dari dosis rendah sampai 2.5 Sv dan (2) anak-anak jauh lebih radiosensitif dari pada dewasa.

Data risiko kanker bom atom dosis rendah konsisten dengan hasil studi epidemiologi skala besar pada 400.000 pekerja radiasi di industri nuklir^[25] yang terpapar radiasi dengan rerata sekitar 20 mSv, sebuah tipikal dosis organ dari sebuah CT scan tunggal pada dewasa. Hubungan yang signifikan dilaporkan antara dosis radiasi dan mortalitas dari kanker dalam kohort ini dengan peningkatan signifikan pada risiko kanker di antara para pekerja yang menerima dosis antara 5 dan 150 mSv. Bergantung pada *setting* sistem pada CT scanner, organ target akan menerima dosis radiasi dalam kisaran 15 mSv (pada dewasa) sampai 30 mSv (pada bayi baru lahir) untuk CT scan tunggal yang umumnya dilakukan dua sampai tiga CT scan per pasien yang akhirnya dapat mencapai dosis dalam rentang 30 sampai 90 mSv. Dengan demikian, pada rentang dosis tersebut, terbukti akan mengalami peningkatan risiko kanker^[11]. Jika dikaitkan dengan usia, terdapat penurunan risiko kanker dari paparan radiasi 10 mGy (10 mSv) dengan bertambahnya usia untuk sebagian besar kanker yang ditunjukkan pada Gambar 3^[6].



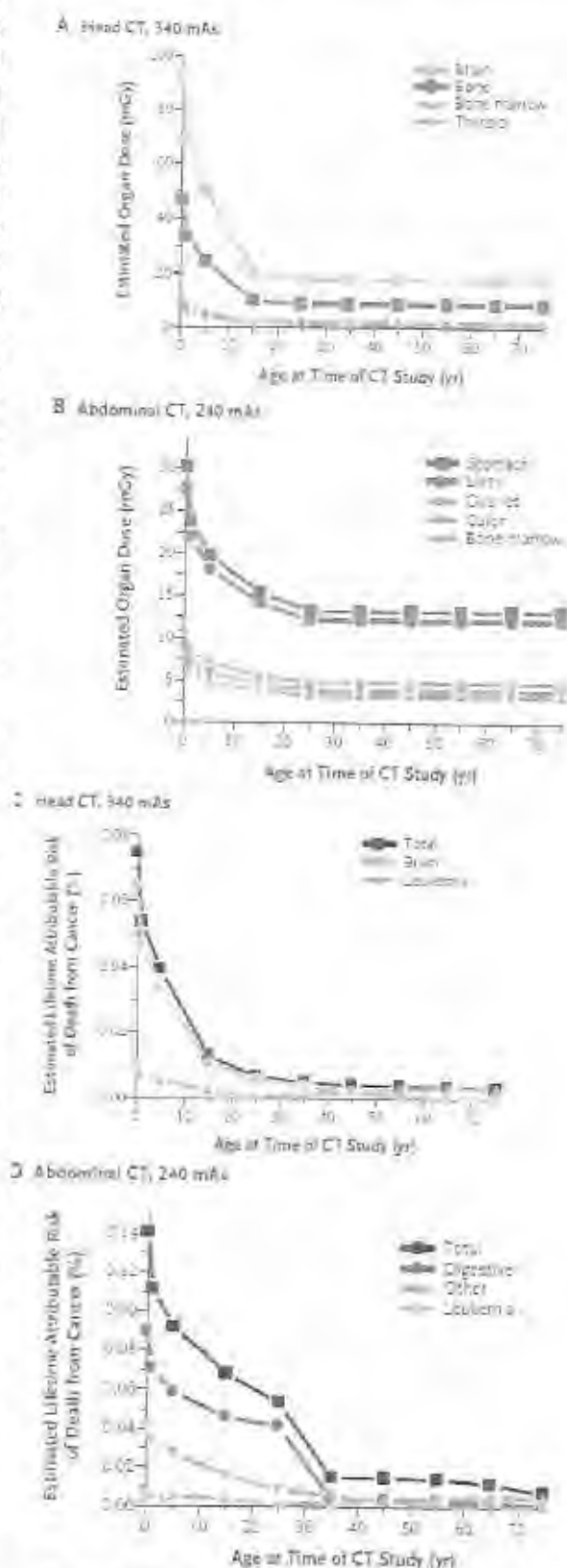
Gambar 3. Perkiraan risiko masa hidup yang dapat ditandai (attributable) dari sebuah dosis tunggal dan kecil (10 mGy) sebagai fungsi dari usia pada saat terpapar^[24]

Bukti ini secara beralasan menyakinkan untuk dewasa dan sangat menyakinkan untuk anak. Untuk sebuah dosis tertentu, terdapat perbedaan dalam risiko kanker dari paparan radiasi terhadap anak dibandingkan dengan dewasa. Beberapa alasan untuk perbedaan ini adalah (1) sebagian besar jaringan dan organ pada anak dalam tahap pertumbuhan dan perkembangan yang menyebabkan menjadi lebih sensitif terhadap efek radiasi dibandingkan dengan organ orang dewasa yang sudah matang, dan (2) efek onkogenik radiasi mempunyai masa laten yang lama dan bervariasi bergantung jenis kanker. Leukemia mempunyai periode lebih singkat (sekitar 2-10 tahun) dari kanker padat. Anak memiliki harapan hidup yang lebih panjang untuk memanifestasikan potensi efek onkogenik radiasi dibandingkan dengan dewasa. Sebagai contoh, sebuah kanker padat yang diinduksi radiasi dengan 30 tahun periode laten akan lebih besar kemungkinannya terjadi pada yang berusia 10 tahun dibandingkan dengan yang berusia 50 tahun, dengan dasar harapan hidup.

Gambar 4 menunjukkan dosis radiasi yang diterima beberapa organ pada area kepala dan abdomen dan risiko kematian akibat kanker dari tindakan tunggal CT scan. Panel A dan B pada gambar tersebut menunjukkan perkiraan tipikal dosis radiasi untuk organ pilihan sebagai fungsi usia saat scan dilakukan. Seperti yang diharapkan, otak menerima dosis paling besar selama CT scan di area kepala dan organ-organ pencernaan khususnya lambung akan menerima dosis paling besar selama CT scan di area abdomen. Panel C dan D menunjukkan perkiraan risiko kematian seumur hidup akibat kanker fatal^[1].

Seperti yang telah dibahas, dosis organ untuk tindakan CT scan yang melibatkan dua atau tiga scan untuk satu pemeriksaan, berada dalam kisaran adanya bukti statistik yang signifikan dalam meningkatkan risiko kanker. Oleh karena itu risiko terkait CT tertentu dapat dikaji secara langsung dari data epidemiologi, tanpa membutuhkan ekstrapolasi risiko yang diukur ke dosis rendah. Meskipun perkiraan risiko individual seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 adalah kecil, keawatiran tentang risiko dari penggunaan CT scan dengan peningkatan yang cepat dan terus berlangsung, risiko individual yang kecil ini jika diaplikasikan secara meningkat ke populasi

yang lebih besar akan menimbulkan masalah bagi kesehatan masyarakat pada beberapa tahun ke depan.



Gambar 4. Perkiraan dosis organ dan risiko kanker sepanjang hidup dari tipikal CT scan tunggal pada kepala dan abdomen^[1]

Meskipun perkiraan risiko individual dari tindakan CT scan adalah kecil, perhatian pada risiko dari peningkatan yang cepat dari penggunaan CT scan saat ini berpotensi menjadi isu kesehatan masyarakat pada masa mendatang jika risiko individual yang kecil ini diterapkan pada populasi yang besar yang terus meningkat. Organisasi besar internasional yang bertanggungjawab terhadap evaluasi efek dan risiko radiasi, seperti ICRP, UNSCEAR dan lainnya, sependapat bahwa terdapat kemungkinan tidak ada dosis rendah radiasi sebagai batas ambang untuk menginduksi kanker yang berarti tidak ada jumlah radiasi yang dapat dipertimbangkan aman secara absolut. Data dari studi epidemiologi terakhir pada korban bom atom dan populasi lain yang teriradiasi menunjukkan risiko yang kecil tetapi signifikan peningkatan risiko kanker meskipun pada tingkat radiasi yang rendah yang relevan dengan CT scan pada anak.

Dosis efektif dari sekali scan CT pada anak dapat berkisar dari sekitar < 1 sampai 30 mSv (Tabel 2).

Tabel 2. Rentang dosis organ dari berbagai jenis pemeriksaan radiologik pada anak

Jenis pemeriksaan	Organ target	Dosis serap (mGy)	Dosis efektif (mSv)
Kepala (200 mAs, tanpa penyesuaian)	Otak	23 - 49	1,8 - 3,8
Kepala (100 mAs, disesuaikan)	Otak	11 - 25	0,9 - 1,9
Abdomen (200 mAs, tanpa penyesuaian)	Lambung	21 - 43	11 - 24
Abdomen (50 mAs, disesuaikan)	Lambung	5 - 11	3 - 6
X-ray dada posterior	Paru	0,04 - 0,08	0,01 - 0,03
X-ray dada anterior	Paru	0,04 - 0,10	0,03 - 0,06
X-ray dada lateral	Paru	0,04 - 0,10	0,03 - 0,06

Di antara anak-anak yang menerima tindakan CT scan, paling tidak sekitar sepertiganya mendapatkan tiga kali scan yang menimbulkan keawatiran khusus. Sebagai contoh, tiga scan

dapat diharapkan berisiko kanker tiga kali dari setiap scan tunggal. Selain itu, selama pemeriksaan tunggal mungkin dilakukan lebih dari satu kali scan yang berarti meningkatkan lebih jauh dosis radiasi. Dengan demikian akan semakin besar masalah pada kesehatan masyarakat jika populasi anak yang terpapar dengan risiko yang kecil ini meningkat terus dengan cepat.

Reduksi Risiko Penggunaan Ct Scan Pada Anak

Keseimbangan antara manfaat dan risiko penggunaan radiodiagnostik selama ini telah terbentuk dan dipahami dengan baik tetapi tidak demikian halnya dengan penggunaan CT scan. Jumlah radiasi yang diperlukan untuk pemeriksaan CT pada janin dan anak lebih rendah dari dewasa. Jika *setting* yang sama digunakan untuk anak dan dewasa, maka anak-anak akan menerima kelebihan jumlah radiasi yang tidak diperlukan.

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mereduksi tingkat radiasi yang diterima anak dari pemeriksaan dengan CT scan yaitu (1) melakukan penyesuaian terhadap parameter paparan CT scan yang akan digunakan untuk anak berdasarkan ukuran/berat badan anak; (2) pembatasan sekecil mungkin bagian tubuh yang diskan; (3) memperkecil mA dan/atau kVp menggunakan *setting* paparan (Tabel 3) disesuaikan untuk anak khususnya untuk skeletal, pencitraan paru dan pemeriksaan *follow up*; (4) hasil pencitraan untuk tujuan diagnostik tidak dengan resolusi tinggi dengan tingkat radiasi yang rendah; (5) mengganti penggunaan CT scan dengan opsi lain seperti USG dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), dan yang paling efektif adalah (6) menurunkan jumlah pemeriksaan CT yang diresepkan^{[30][31]}.

Protokol CT scan untuk dewasa umumnya *multiple scan* pada bagian tubuh yang sama sedangkan untuk anak, sebuah scan tunggal pada bagian tubuh yang menjadi target biasanya cukup untuk keperluan diagnostik. Dari sudut pandang individual, ketika sebuah CT scan dijustifikasi dengan kebutuhan medik, risiko yang terkait relatif kecil dibandingkan dengan informasi diagnostik yang diperoleh. Tetapi, jika benar bahwa sekitar sepertiga dari semua CT scan tidak dijustifikasi dengan kebutuhan medik, maka sejumlah pasien anak akan diiradiasi meskipun tidak diperlukan.

KESIMPULAN

Pemanfaatan kecanggihan alat CT scan dalam radiologi diagnostik disertakan dengan penerimaan dosis radiasi yang jauh lebih besar yang mengakibatkan peningkatan nyata terhadap tingkat paparan radiasi pada masyarakat. Peningkatan penggunaan CT scan harus disertakan dengan pemahaman yang baik terkait manfaat dan risiko dalam pengambilan keputusan untuk situasi klinik yang sedang dievaluasi meskipun kemungkinan risiko individual terhadap kanker sangat kecil.

Pemeriksaan CT yang dilakukan dengan benar pada anak harus memapari anak dengan paparan radiasi jauh lebih rendah dari prosedur yang sama pada dewasa.

Ketika mengkaji risiko, penting untuk membedakan antara risiko individual dan risiko kolektif kesehatan masyarakat. Meskipun risiko terhadap individual adalah kecil dan dapat diterima untuk pasien simptomatik, tetapi populasi terpapar adalah besar dan terus mengalami peningkatan. Bahkan risiko radiasi individual yang kecil, ketika dimultiplikasi dengan sebuah nomor yang besar, maka akan menjadi masalah kesehatan masyarakat jangka panjang yang signifikan yang akan terbukti beberapa tahun kemudian. Ini berarti tanpa disadari sedang menciptakan masalah kesehatan masyarakat di masa depan. Risiko yang diperkirakan terkait dengan CT adalah tidak didasarkan pada model atau ekstrapolasi dosis. Tetapi pada laju kanker terkait radiasi yang dikur secara langsung diantara orang dewasa dan anak yang pada masa lalu terpapar dengan rentang dosis organ yang sama dengan yang dilepadakan/diperoleh selama studi CT.

Berbagai aplikasi skrining kesehatan yang diusulkan yang berbasis CT pada populasi asimtomatik adalah belum pada posisi ketika potensi manfaat dapat secara kuantitatif diseimbangkan dengan potensi risiko radiasi. Dialog antara radiologist, dokter gawat darurat, dokter terkait lainnya, pasien dan keluarga sangat diperlukan untuk menciptakan cara praktis dalam memperlambat peningkatan penggunaan CT dan paparan dosis radiasi berlebih pada anak tanpa ada kompromi terhadap pemenuhan perawatan terhadap pasien, adalah tanggungjawab tim medik untuk memastikan bahwa setiap penggunaan CT scan *is indicated*. Radiologist harus memastikan

bahwa risiko radiasi yang diterima anak akan seminimal mungkin berdasarkan *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) dengan menentukan teknik dan protokol yang benar. Informasi dalam makalah ini diharapkan dapat membantu dalam pengambilan keputusan dan diskusi dengan tim medik, pasien dan keluarga.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hall, E.J. and Brenner, D. J., Cancer risks from diagnostic radiology, *The British Journal of Radiology* 81: 362-378, (2008).
2. White, K.S., Helical/spiral CT scanning: a pediatric radiology perspective. *Pediatr Radiol* 26: 5-14, (1996).
3. Linton, O.W. and Mettler, F.A. Jr., National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients, *AJR Am J Roentgenol* 181: 321-9, (2003).
4. Brenner, D.J. and Georgsson, M.A., Mass screening with CT colonography: should the radiation exposure be of concern? *Gastroenterology* 129: 328-37, (2005).
5. Brenner, D.J. and Elliston, C.D., Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening, *Radiology* 232: 735-8, (2004).
6. International Committee on Radiological Protection, *Managing patient dose in computed tomography*, ICRP Publication 87, Elsevier Science: Oxford, UK, (2002).
7. Brenner, D. J. and Hall, E.J., Computed Tomography — An Increasing Source of Radiation Exposure. *The new engl and journal of medicine*, 357: 2277-84, (2007).
8. Heiken, J.P., Peterson, C.M., Menias, C.O., Virtual colonoscopy for colorectal cancer screening: current status. *Cancer Imaging* 5 Spec No. A: S133-S139, (2005).
9. Henschke, C.I., Yankelevitz, D.F., Libby, D.M., Pasmantier, M.W., Smith, J.P., and Miettinen, O.S., Survival of patients with stage I lung cancer detected on CT screening, *N Engl J Med* 355:1763-71, (2006).
10. Bach, P.B., Jett, J.R., Pastorino, U., Tockman, M.S., Swensen, S.J., and Begg, C.B., Computed tomography screening and lung cancer outcomes. *JAMA* 297: 953-61, (2007).
11. Brenner, D.J., Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer. *Radiology* 231: 440-5, (2004).

12. Brenner, D.J., and Elliston, C.D., Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. *Radiology* 232: 735-8, (2004).
13. Stephen, A.E., Segev, D.L., and Ryan, D.P., et al., The diagnosis of acute appendicitis in a pediatric population: to CT or not to CT. *J Pediatr Surg* 38: 367-71, (2003).
14. Beinfeld, M.T., Wittenberg, E., and Gazelle, G.S., Cost-effectiveness of whole-body CT screening. *Radiology* 234: 415-22, (2005).
15. McNitt-Gray, M.F., AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: topics in CT. Radiation dose in CT. *Radiographics* 22: 1541-53, (2002).
16. Paterson, A., Frush, D.P., and Donnelly, L.F., Helical CT of the body: are settings adjusted for pediatric patients? *AJR Am J Roentgenol* 176: 297-301, (2001).
17. Hall, E. J. and Graccia, A. J., *Radiobiology for the radiologist*. 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, (2012).
18. Brenner, D.J., Slowing the Increase in the Population Dose Resulting from CT Scans. *Radiation Research* 174: 809-815, (2010).
19. International Committee on Radiological Protection, *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26*. Pergamon Press, Oxford, UK, (1997).
20. Preston, D.L., Pierce, D.A., and Shimizu, Y., et al., Effect of recent changes in atomic bomb survivor dosimetry on cancer mortality risk estimates. *Radiat Res* 162: 377-89, (2004).
21. Preston D.L., Shimizu, Y., Pierce, D.A., Suyama, A., and Mabuchi, K., Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. *Radiat Res* 160: 381-407, (2003).
22. Pierce, D.A., and Preston, D.L., Radiation-related cancer risks at low doses among atomic bomb survivors. *Radiat Res* 154: 178-86, (2000).
23. Preston, D.L., Ron, E., and Tokuoka, S., et al., Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res* 168: 1-64.
24. National Research Council of the National Academies, *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation - BEIR VII*. The National Academies Press, Washington, DC, USA, (2006).
25. Cardis, E., Vrijheid, M., Blettner, M., et al., The 15-country collaborative study of cancer risk among radiation workers in the nuclear industry: estimates of radiation-related cancer risks. *Radiat Res* 167: 396-416, (2007).
26. Brenner, D.J., Elliston, C.D., and Hall, E.J., Berdon, W.E., Estimates of the cancer risks from pediatric CT radiation are not merely theoretical. *Med Phys* 28: 2387-8, (2001).
27. Linton, O.W., and Mettler, F.A. Jr., National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol* 181: 321-9, (2003).
28. Paterson, A., Frush, D.P., Donnelly, L.F., Helical CT of the body: are settings adjusted for pediatric patients? *AJR Am J Roentgenol* 176: 297-301, (2001).
29. Arch, M.E., and Frush, D.P., Pediatric body MDCT: A 5-year follow-up survey of scanning parameters used by pediatric radiologists. *American Journal of Roentgenology* 176: 289-296, (2008).
30. McCollough, C.H., Bruesewitz, M.R., Kofler, J.M. Jr., CT dose reduction and dose management tools: overview of available options. *Radiographics* 26: 503-12, (2006).
31. Semelka, R.C., Armao, D.M., Elias, J. Jr., and Huda, W., Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies, including selective substitution with MRI. *J Magn Reson Imaging* 25: 900-9, (2007).