

Analisis Dosis Efektif Pada Pemeriksaan Computer Tomography (CT) Scan Kepala Di RSUD Sanjiwani Gianyar

Effective Dose Analysis on Computer Tomography (CT) Head Scan at Gianyar Sanjiwani Hospital

Putu Gede Agus Krisna Yogantara¹, Gusti Ngurah Sutapa^{2*}, I Made Yuliara³

^{1, 2, 3}Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361.

Email: krisnayogantara@student.unud.ac.id; *sutapafis97@unud.ac.id; imdyuliara@unud.ac.id

Abstrak – Telah dilakukan analisis dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan kepala di RSUD Sanjiwani Gianyar. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data sekunder hasil pemeriksaan CT Scan kepala yakni nilai $CTDI_{vol}$, DLP, arus, tegangan dan panjang scan. Data dikelompokkan menurut usia dan jenis kelamin yakni usia 0-4 tahun, 5-14 tahun, dan di atas 14 tahun. Nilai dosis efektif diperoleh dari hasil kali nilai DLP dengan faktor konversi k. Analisis dosis efektif dilakukan menggunakan nilai DRL standar peraturan Kepala Bapeten dan ICRP 102. Dari hasil perhitungan diperoleh dosis efektif masing-masing kelompok yaitu pasien laki-laki usia 0-4 tahun adalah $2,34 \pm 0,04$ mSv dan perempuan adalah $2,40 \pm 0,28$ mSv; usia 5-14 tahun, pasien laki-laki adalah $1,96 \pm 0,45$ mSv dan perempuan adalah $1,89 \pm 0,32$ mSv; usia di atas 14 tahun, pasien laki-laki adalah $1,88 \pm 0,35$ mSv dan perempuan adalah $1,85 \pm 0,34$ mSv. Nilai-nilai dosis tersebut masih sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Bapeten dan ICRP dan pesawat CT Scan tersebut masih layak digunakan untuk pemeriksaan CT Scan kepala.

Kata kunci: CT Scan, $CTDI_{vol}$, DLP, Dosis Efektif, Kepala

Abstract – Effective dose analysis research has been carried out on head CT scan. The research was conducted at RSUD Sanjiwani Gianyar using secondary data from head CT scan, namely the value of $CTDI_{vol}$, DLP, current, voltage and scan length. Data are grouped according to age and gender, namely ages 0-4 years, 5-14 years, and over 14 years. The effective dose value is obtained from the product of the DLP value with the conversion factor k. Effective dose analysis was performed using standard DRL values for Bapeten Head regulation and ICRP 102. The effective dose of each group was obtained, namely male patients aged 0-4 years were 2.34 ± 0.04 mSv and female patients were 2.40 ± 0.28 mSv; age 5-14 years, male patients were 1.96 ± 0.45 mSv and female patients were 1.89 ± 0.32 mSv; age over 14 years, male patients were 1.88 ± 0.35 mSv and female patients were 1.85 ± 0.34 mSv. The values are still in accordance with the standard determined by Bapeten and ICRP and the CT Scan plane is still suitable for use for a CT scan of the head.

Key words: CT Scan, $CTDI_{vol}$, DLP, Effective Dose, Head.

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi, keperluan pencitraan dalam radiodiagnostik semakin tinggi yang salah satunya adalah dengan adanya pesawat CT Scan [1]. CT Scan merupakan alat yang memanfaatkan penggunaan sinar-X yang dapat mendeteksi lebih banyak kelainan pada organ tubuh manusia dimana dengan alat *imaging* konvensional tidak dapat terlihat [2].

CT Scan memiliki dosis yang lebih tinggi dibandingkan alat radiologi lainnya. Parameter yang mempengaruhi dosis radiasi yang diterima oleh pasien antara lain adalah faktor eksposi yakni tegangan tabung sinar-X dan arus tabung. Tegangan dan arus tabung merupakan parameter pembangkit sinar-X, sehingga berpengaruh pada intensitas radiasi yang diterima pasien. Tegangan berpengaruh pada daya tembus sinar-X untuk melewati suatu bahan, dan arus tabung sinar-X berpengaruh pada intensitas sinar-X yang diterima oleh pasien [3]. Metode yang digunakan untuk mengetahui perkiraan dosis yang diterima oleh pasien pada pemeriksaan CT Scan adalah *Computed Tomography Dose Index* (CTDI). Apabila dosis pada CT Scan telah mengenai organ pasien, dosis yang diterima disebut dengan dosis efektif [1].

Dosis efektif yang diterima oleh pasien tidak boleh melebihi dari standar yang ditetapkan baik secara nasional maupun internasional. Secara nasional, dosis yang diterima oleh pasien diatur dalam Peraturan Kepala Bapeten tentang Tingkat Panduan Diagnostik atau *Diagnostic Reference Level* (DRL). Sedangkan, secara internasional diatur dalam *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) khususnya dalam ICRP Publication 102 yakni *Managing Patient Dose in Multi-Detector Computer Tomography* (MDCT) [4]. Apabila dosis yang diterima lebih besar dari pada standar yang ditetapkan maka akan menimbulkan kerusakan sel-sel jaringan tubuh dan kerusakan genetik berupa mutasi sel-sel reproduksi [1]. Dari uraian tersebut, maka dilakukan penelitian terkait mengenai besarnya nilai dosis efektif yang diterima pasien khususnya pada pemeriksaan kepala menggunakan CT Scan. Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Sanjiwani Gianyar dengan menggunakan data hasil pemeriksaan CT Scan kepala di rumah sakit tersebut. Dari data yang diperoleh akan dilakukan perhitungan untuk menentukan dosis efektif yang diterima oleh pasien berdasarkan usia maupun jenis kelamin. Untuk mengetahui apakah dosis efektif sudah melampaui atau tidak dengan nilai standar yang diperbolehkan, hasil perhitungan akan dibandingkan dengan nilai standar dari Peraturan Kepala Bapeten maupun ICRP.

2. Landasan Teori

2.1 CT Scan

Pada dasarnya CT Scan merupakan pemanfaatan dari sinar-X. CT Scan memanfaatkan intensitas radiasi terusan setelah melewati suatu objek untuk membentuk citra/gambar. Perbedaanannya dengan radiografi konvensional adalah pada teknik yang digunakan untuk memperoleh citra dan pada citra yang dihasilkan. Tidak seperti citra yang dihasilkan dari teknik radiografi, informasi citra yang ditampilkan oleh CT Scan tidak tumpang tindih (*overlap*) sehingga dapat memperoleh citra yang dapat diamati tidak hanya pada bidang tegak lurus berkas sinar (seperti pada foto rontgen), citra CT Scan dapat menampilkan informasi penampang lintang obyek. Oleh karena itu, citra ini dapat memberikan sebaran kerapatan struktur internal obyek sehingga lebih mudah dianalisis dibandingkan citra yang dihasilkan oleh teknik radiografi konvensional [5].

CT Scan menggunakan penyinaran khusus dan hasil penyinaran tersebut akan diterima oleh komputer yang berfungsi memproses hasil *scan* sehingga diperoleh gambaran penampang lintang dari badan. Untuk itu, pasien dibaringkan di atas meja khusus yang secara perlahan-lahan dipindahkan ke dalam cincin CT Scan. Scanner berputar mengelilingi pasien pada saat pengambilan gambar dengan sinar-X. Waktu yang digunakan sampai seluruh proses *Scanning* selesai berkisar antara 45 menit sampai 1 jam, tergantung pada jenis CT Scan yang digunakan. CT Scan memiliki komponen-komponen antara lain *table and gantry*, *collimator*, tabung sinar-X, *detector*, *X-ray control*, *computer*, *disk unit* dan *magnetic disc unit* [6].

2.2 Dosimetri Pada CT Scan

The Bureau of Radiological Health memperkenalkan konsep baru untuk menghitung besar dosis radiasi yang diterima oleh pasien, terutama pada pemeriksaan dengan menggunakan alat CT Scan pada tahun 1981. Konsep baru tersebut adalah *Computed Tomography Dose Index* (CTDI) [7]. Pada konsep CTDI diperlukan perhitungan $CTDI_{vol}$ yaitu CTDI yang telah mengenai organ. $CTDI_{vol}$ pada dasarnya adalah menghitung jumlah dosis radiasi yang diterima oleh suatu organ (pasien), terutama untuk pemeriksaan dengan menggunakan alat CT Scan. Secara matematis $CTDI_{vol}$ (mGy) diungkapkan dalam rumusan [7]:

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{Pitch} \quad (1)$$

dengan $CTDI_w$ adalah nilai CTDI yang didapat dari hasil pembobotan dosis serap rata-rata di dalam *phantom* dan *pitch* adalah perbandingan besar pergerakan meja untuk satu kali rotasi dengan lebar berkas terkolimasi [8]. Parameter-parameter yang mempengaruhi dosis radiasi yang diterima oleh pasien adalah tegangan tabung (kV) dan arus (mA). Apabila tegangan tabung diperbesar, maka elektron dari katoda pada tabung akan semakin dipercepat menuju anoda sehingga energi sinar-X yang dihasilkan semakin besar. Sedangkan pemberian arus berdampak pada kerapatan sinar-X yang dihasilkan. Dari kedua parameter tersebut dapat diatur daya tembus sinar-X dan dosis radiasi yang dihasilkan [9].

Dari persamaan 1 dilakukan perhitungan *Dose Length Product* (DLP), yaitu besaran yang dihasilkan pada pemeriksaan dengan CT Scan yang menunjukkan dosis serap yang diakibatkan dari keseluruhan

proses *scan*. Nilai DLP diperoleh dari operasi perkalian antara $CTDI_{vol}$ dengan panjang *Scan* (L), secara matematis ditulis sebagai [8]:

$$DLP = CTDI_{vol} \times L \quad (2)$$

Dari persamaan 2 tampak bahwa semakin panjang *Scan Length* dari pasien maka nilai DLP yang diterima akan semakin besar [10].

Selanjutnya ditentukan dosis efektif (DE), yaitu dosis serap yang mempertimbangkan kualitas radiasi dan sensitivitas dari pada jaringan. Dosis efektif dapat diperoleh dengan mengalikan DLP dengan faktor bobot empiris k. Secara matematis dosis efektif ini dapat dituliskan sebagai [1].

$$DE = DLP \times k \quad (3)$$

dengan k adalah faktor bobot empiris untuk jaringan tubuh. Nilai k untuk organ kepala ditunjukkan pada Tabel 1. Persamaan 3 inilah yang digunakan pada penelitian ini untuk menentukan nilai dosis efektif (DE), sementara data nilai DLP, $CTDI_{vol}$, arus dan panjang *Scan* diperoleh dari hasil pemeriksaan CT *Scan* kepala.

Tabel 1. Faktor Bobot Empiris untuk Jaringan Tubuh [11].

Organ tubuh	k (mSv/mGy.cm)				
	Usia				
	0 th	1 th	5 th	10 th	Dewasa
Kepala	0,011	0,0067	0,004	0,0032	0,0021

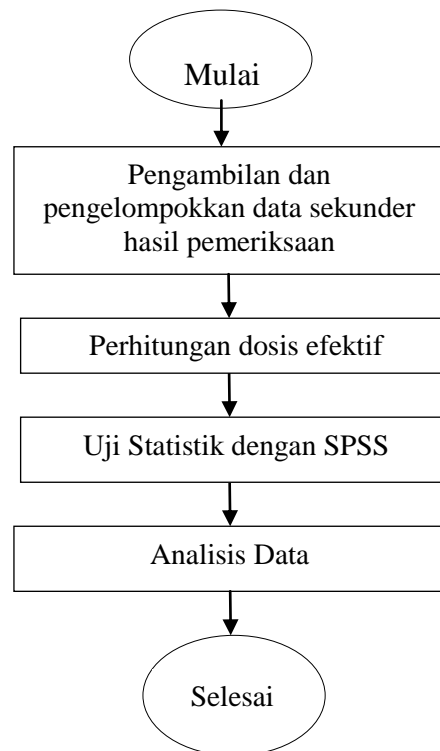
th = tahun.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Pesawat CT *Scan* merk Siemens 64 Slice tipe Straton Mx dengan nomor seri 648071872 yang terdapat di Ruang Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani Gianyar. Data yang akan diolah merupakan data sekunder yang diperoleh dari hasil pemeriksaan CT *Scan* Kepala. Data yang digunakan adalah arus, tegangan, panjang *Scan*, $CTDI_{vol}$ dan DLP dari hasil pemeriksaan. Data tersebut dikelompokkan menjadi tiga tingkatan usia yakni 0-4 tahun, 5-14 tahun, dan diatas 14 tahun serta sesuai dengan jenis kelaminnya. Dari data tersebut, dosis efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3. Keseluruhan data sekunder serta dosis efektif hasil perhitungan dicari rata-rata dan standar deviasinya.

Variabel arus dan panjang *Scan* digunakan untuk melihat apakah seiring dengan meningkatnya usia nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP akan semakin meningkat atau tidak. Berdasarkan jenis kelamin, variabel arus dan panjang *Scan* digunakan untuk melihat apakah pasien laki-laki memiliki nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP yang lebih besar dari pasien perempuan atau sebaliknya. Sebelum perhitungan nilai dosis efektif dilakukan, nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP akan dibandingkan terlebih dahulu dengan DRL standar yakni untuk pasien 0-4 tahun nilai $CTDI_{vol}$ nya sebesar 64 mGy dengan nilai DLP = 1430 mGy.cm. Untuk pasien 5-14 tahun nilai $CTDI_{vol}$ nya sebesar 61 mGy dengan nilai DLP=1391 mGy.cm dan untuk pasien diatas 14 tahun nilai $CTDI_{vol}$ nya sebesar 65 mGy dengan nilai DLP=1400 mGy.cm. Hal tersebut dilakukan agar nilai dosis efektif yang diperoleh tidak lebih besar daripada standar. Sedangkan, dosis efektif yang diterima pasien akan dibandingkan dengan rekomendasi ICRP 102 yakni 1,0-2,8 mSv.

Untuk mengetahui apakah nilai-nilai yang sudah diperoleh lebih besar daripada batas yang ditetapkan atau tidak, maka dilakukan uji statistik yakni uji-t satu arah menggunakan *software* SPSS. Pengujian dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% atau taraf signifikansi 0,05. Hipotesis statistik yang diajukan, yaitu, H_0 = nilai $CTDI_{vol}$, DLP, dan dosis efektif tidak lebih besar dari pada atau sama dengan batas yang ditetapkan. H_1 = nilai $CTDI_{vol}$, DLP, dan dosis efektif lebih besar dari pada batas yang ditetapkan. Nilai t_{hitung} dicari menggunakan aplikasi SPSS. Apabila nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka hipotesis H_0 diterima dan H_1 ditolak, dan sebaliknya. Secara garis besar, langkah-langkah analisis data diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil

Dari hasil pemeriksaan CT Scan pada kepala pasien diperoleh data yang dapat dikelompokkan menjadi 3 tingkatan usia, yaitu 0-4 tahun, 5-14 tahun dan diatas 14 tahun serta sesuai jenis kelaminnya. Data tersebut kemudian dihitung rata-rata dan standar deviasinya, hasilnya seperti ditunjukkan pada Tabel 2 untuk laki-laki dan Tabel 3 untuk perempuan. Dari Tabel 2 dan Tabel 3 selanjutnya dibuat grafik, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Data hasil pemeriksaan kepala pasien laki-laki.

No	Usia (th)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)	Arus (mA)	Panjang Scan (cm)
1	0-4	33,2±0,66	584,43±8,73	219,2±13,88	17,6±0,2
2	5-14	35,03±4,89	782,14±140,31	239±35	22,2±1,9
3	>14	35,91±4,95	893,83±167,05	239,2±3,78	25,7±3

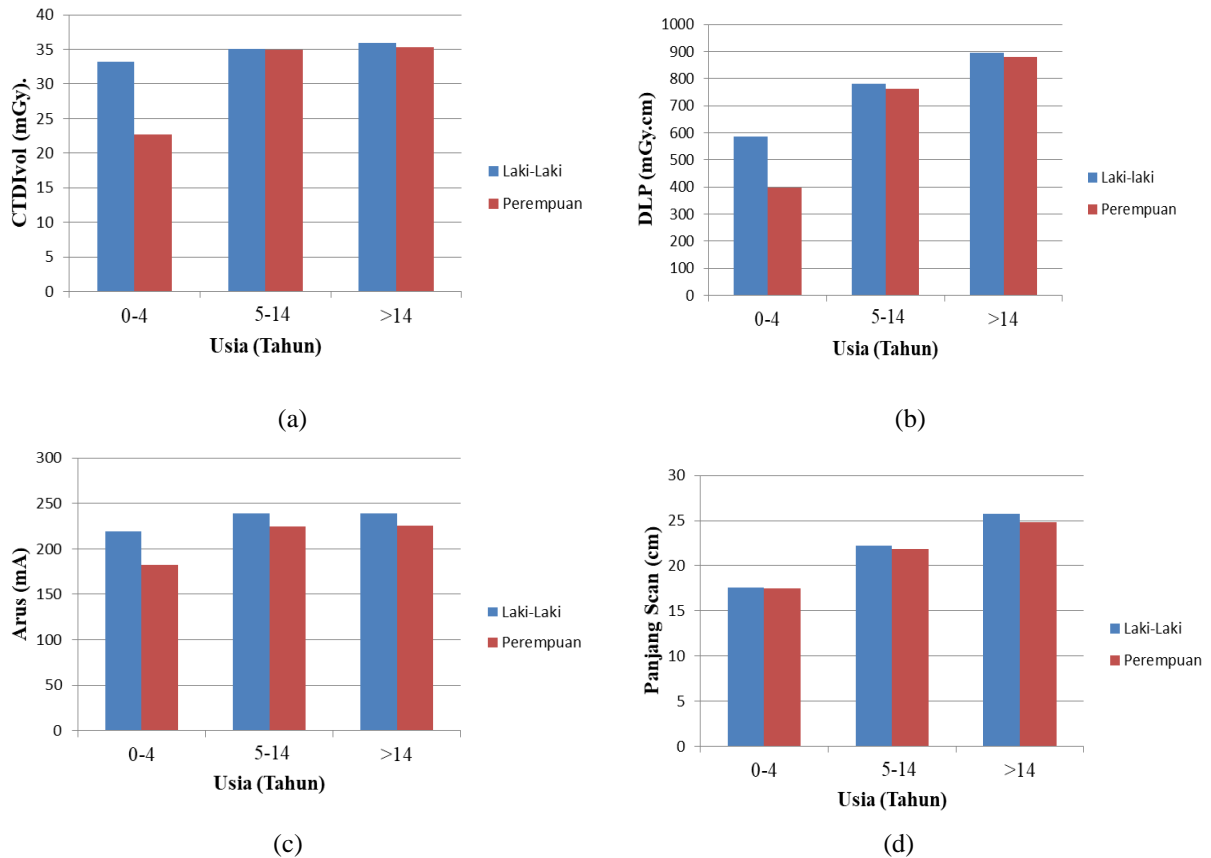
Tabel 3. Data hasil pemeriksaan kepala pasien perempuan.

No	Usia (th)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)	Arus (mA)	Panjang Scan (cm)
1	0-4	22,7±3,34	397,77±58,94	182±76,03	17,5±0,2
2	5-14	35±2,92	761,74±104,26	224,75±29,95	21,8±2,5
3	>14	35,33±5,17	879,46±161,94	225,45±35,42	24,8±3,1

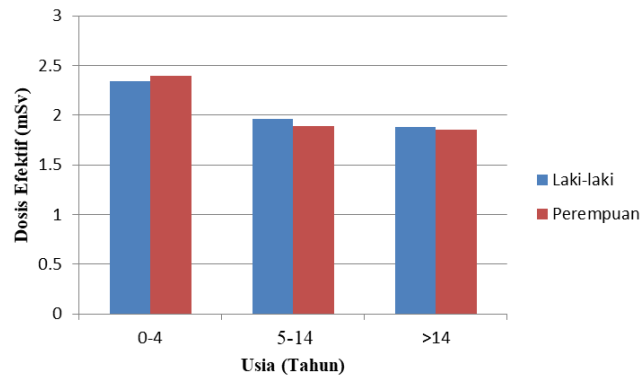
Selanjutnya, dari DLP setiap pasien dosis efektif dihitung dengan menggunakan persamaan 3. Hasil dosis efektif diperlihatkan pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4. Data hasil perhitungan dosis efektif.

No	Usia (th)	Dosis Efektif (mSv)	
		Laki-laki	Perempuan
1	0-4	(2,34 ± 0,04)	(2,40 ± 0,28)
2	5-14	(1,96 ± 0,45)	(1,89 ± 0,32)
3	>14	(1,88 ± 0,35)	(1,85 ± 0,34)



Gambar 2. Grafik (a) CTDI_{vol} rata-rata terhadap usia pasien, (b) DLP rata-rata terhadap usia pasien, (c) Arus rata-rata terhadap usia pasien, dan (d) Panjang *Scan* rata-rata terhadap usia pasien.



Gambar 3. Grafik dosis efektif rata-rata terhadap usia pasien.

Untuk mengetahui apakah nilai-nilai yang sudah diperoleh melebihi dari standar yang ditetapkan atau tidak, maka dilakukan uji statistik yakni uji-t satu arah (*One Sample t-test*) menggunakan aplikasi SPSS. Hasil uji-t ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil rekapitulasi Uji-t.

No	Usia (th)	CTDI _{vol}				DLP				Dosis Efektif			
		Laki-laki		Perempuan		Laki-laki		Perempuan		Laki-laki		Perempuan	
		t _{hitung}	t _{tabel}	t _{hitung}	t _{tabel}	t _{hitung}	t _{tabel}	t _{hitung}	t _{tabel}	t _{hitung}	t _{tabel}	t _{hitung}	t _{tabel}
1	0-4	-104,3	2,7	-27,6	2,7	-216,6	2,7	-39,1	2,776	-31,5	2,7	-3,2	2,7
2	5-14	-23,8	2,1	-39,5	2,1	-19,2	2,1	-26,6	2,093	-8,4	2,1	-9,4	2,1
3	>14	-26,2	2,1	-25,6	2,1	-13,5	2,1	-14,3	2,093	-11,7	2,1	-12,5	2,1

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis data pada Gambar 2 (a) dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya usia pasien maka nilai $CTDI_{vol}$ yang diterima akan semakin besar. Begitu juga dengan nilai $CTDI_{vol}$ pasien laki-laki lebih besar dibandingkan pasien perempuan. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Noor pada tahun 2012 menunjukkan bahwa $CTDI_{vol}$ dipengaruhi oleh volume organ, yaitu semakin besar usia maka volume organ tubuh akan semakin besar sehingga nilai $CTDI_{vol}$ yang diterima juga semakin besar [1]. Demikian juga pada jenis kelamin, volume organ pasien laki-laki cenderung lebih besar dari pasien perempuan sehingga nilai $CTDI_{vol}$ pasien laki-laki lebih besar dibandingkan perempuan. Penelitian lain yang dilakukan oleh Irsal pada tahun 2020 [12] menyatakan bahwa besarnya nilai $CTDI_{vol}$ juga dipengaruhi oleh arus yang diterima oleh organ pasien.

Hasil analisis data DLP pada Gambar 2 (b) terlihat bahwa semakin besar usia maka nilai DLP juga semakin besar dan nilai DLP pasien laki-laki lebih besar dibandingkan pasien perempuan. Penelitian yang dilakukan Kristinayanti pada tahun 2019 [10] menyatakan bahwa, *scan length* dari pengujian menggunakan *phantom* diperpanjang menyebabkan meningkatnya nilai DLP. Sehingga peningkatan nilai $CTDI_{vol}$ tidak serta merta diakibatkan oleh peningkatan nilai DLP, namun juga dipengaruhi oleh *Scan length*. Dosis yang diterima oleh pasien yang memiliki usia lebih muda jelas lebih kecil karena volume organ yang masih kecil sehingga dosis yang diterima haruslah sekecil mungkin. Hal ini mengacu pada prinsip *As Low As Reasonably Acceptable* (ALARA) yakni pemberian dosis seminimal mungkin namun dengan tetap menjaga kualitas citra yang dihasilkan [10].

Dari Tabel 4 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa dosis efektif semakin menurun dengan meningkatnya usia dan dosis efektif pasien laki-laki lebih besar daripada pasien perempuan. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya nilai DLP dan faktor konversi yang dimiliki oleh organ kepala. Hasil ini mendukung penelitian yang dilakukan oleh Noor pada tahun 2012 [1] yang menyatakan bahwa, perbedaan nilai dosis efektif dipengaruhi oleh besarnya nilai DLP dan faktor konversi yang dimiliki oleh masing-masing organ tubuh.

Berdasarkan perhitungan dosis efektif seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 dan 3, tampak bahwa dengan peningkatan usia maka arus, $CTDI_{vol}$, DLP dan panjang *Scan* mengalami peningkatan, sementara itu dosis efektif yang diterima oleh pasien mengalami penurunan. Sedangkan, berdasarkan jenis kelamin terlihat bahwa arus, $CTDI_{vol}$, DLP, panjang *Scan* dan dosis efektif pada pasien laki-laki lebih besar daripada pasien perempuan. Hal ini diakibatkan oleh arus, $CTDI_{vol}$, DLP dan panjang *Scan* pasien laki-laki lebih besar daripada pasien perempuan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa seiring dengan meningkatnya usia maka nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP yang diterima oleh pasien akan semakin besar namun dosis efektifnya akan semakin menurun. Sedangkan, berdasarkan jenis kelamin nilai dosis efektif pasien laki-laki lebih besar daripada pasien perempuan.

Berdasarkan hasil uji-t terlihat bahwa semua nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$. Oleh karena itu, H_0 diterima yakni nilai ($CTDI_{vol}$, DLP, dosis efektif tidak lebih besar dari pada atau sama dengan nilai batas maksimum yang diijinkan dan H_1 ditolak. Dari analisa tersebut, dapat dikatakan bahwa nilai dosis yang diterima pasien masih dibawah nilai standar yang ditetapkan sehingga pesawat CT *Scan* yang terdapat di RSUD Sanjiwani Gianyar masih layak digunakan untuk melakukan pemeriksaan khususnya pemeriksaan kepala.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa dosis efektif masing-masing kelompok, Pada kelompok usia 0-4 tahun, untuk laki-laki adalah $2,34 \pm 0,04$ mSv dan perempuan adalah $2,40 \pm 0,28$ mSv; usia 5-14 tahun, untuk laki-laki adalah $1,96 \pm 0,45$ mSv dan perempuan adalah $1,89 \pm 0,32$ mSv; usia di atas 14 tahun, laki-laki adalah $1,88 \pm 0,35$ mSv dan perempuan adalah $1,85 \pm 0,34$ mSv. Nilai-nilai dosis tersebut masih dibawah nilai standar yang ditetapkan oleh Bapeten dan ICRP sehingga pesawat CT *Scan* di RSUD Sanjiwani Gianyar masih layak digunakan untuk pemeriksaan CT *Scan* kepala.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterimakasih kepada direktur RSUD Sanjiwani Gianyar dan seluruh staff instalasi radiologi RSUD Sanjiwani Gianyar karena telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian. Kepada Bapak dosen di Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Udayana atas bimbingan yang telah diberikan.

Pustaka

- [1] J. A. E. Noor, I. Normahayu, Dosis Radiasi dari Tindakan CT Scan Kepala, *Journal of Enviromental Engineering and Sustainable Technology*, Vol.1, no. 2, 2012, pp. 84-91.
- [2] T. Meilinda, E. Hidayanto, Z. Arifin, Pengaruh Perubahan Faktor Eksposi Terhadap Nilai CT Number. *Youngster Physic Journal*. Vol. 3, no. 3, 2014, pp. 269-278.
- [3] H. Silvia, D. Milvita, H. Prasetyo, H. Yuliati, Estimasi Nilai CTDI dan Dosis Efektif Pasien Bagian Head, Thorax dan Abdomen Hasil Pemeriksaan CT Scan Merek Philips Briliance 6, *Jurnal Fisika Unand*, Padang, vol. 2, no.2, 2013.
- [4] E. S. B. Siregar, G. N Sutapa, I. W. B Sudarsana, Pemantauan Dosis Efektif Pada Pemeriksaan CT Scan Kepala Anak Dengan Software IndoseCT, *Kappa Journal*, vol. 3, no. 2, 2019, pp. 113-117.
- [5] M. J. Syahputra, Pengaruh Radiasi dengan Menggunakan Protokol Low Dose KV, mA dan Pitch pada CT Scan Pelvis. *Skripsi*. Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2017.
- [6] H. Dabukke, Pengaruh Faktor Ekspose Terhadap Kontras Resolusi CT Scan. *Skripsi*, Departemen Fisika, Jurusan Fisika Medik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatra Utara, 2015.
- [7] E. S. B Siregar, G. N. Sutapa, I. W. B. Sudarsana, Analisis Dosis Radiasi Pasien Pada Pemeriksaan CT Scan Menggunakan Aplikasi Si-INTAN , *Jurnal Buletin Fisika*, vol. 21, no. 2, 2020, pp. 53-59.
- [8] E. Manzil, Faktor Phantom dan Estimasi Dosis Efektif dari Hasil Pengukuran Computer Tomography Dose Index (CTDI), *Skripsi*, Program Studi Fisika, Peminatan Fisika Medis dan Biofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, 2011.
- [9] Khusniatul, Pengaruh Variasi Faktor Eksposi (Tegangan Tabung dan Arus Waktu) Serta Pitch Terhadap Computed Tomography Dose Index (CTDI) di Udara Menggunakan CT Dose Profiler. *Youngster Physic Journal*. vol. 3, no.4, 2014, pp. 363-372.
- [10] N. K. D. Kristinayanti, M. Iffah, N. P. R. Jenitayanthi, K. Y. Astina, Analisis Pengaruh Scan Length Terhadap Nilai Dose Length Product Pada CT Scan Multislice Di RSUD Mangusada Badung. *Imaging Journal*. vol. 3, no.1, 2019.
- [11] L. E. Holm, ICRP, Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT): ICRP 102, *Annals of the ICRP*, vol. 77, 2007, pp. 1-79.
- [12] M. Irsal, G. Winarno, Pengaruh Parameter Miliampere-second (mAs) terhadap Kualitas Citra dan Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan Computer Tomography. *Jurnal Fisika Flux*. vol. 17, no.1, 2020, pp. 1-8.