

Efektivitas *Software Organ Dose Modulation (ODM)* dalam Penurunan Dosis Radiasi pada CT Thorax

Halinda Fatmayanti¹, Nanang Sulaksono², Ary Kurniawati³
^{1,2,3}Poltekkes Kemenkes Semarang, Semarang, Indonesia

Corresponding Author: Halinda Fatmayanti
e-mail: halindafatmayanti@poltekkes-smg.ac.id

ABSTRACT

Background: CT *Scanning* is a diagnostic examination modality that uses radiation to obtain detailed cross-sectional images of the human body. CT thorax is a frequently performed examination to evaluate lung parenchyma, airways, and mediastinal structures. This increases collective radiation exposure, thereby increasing long-term biological effects, especially on radiosensitive organs in the thorax, such as the mammary glands, *thyroid*, lungs, and spinal cord. One strategy to optimize dose exposure to radiosensitive organs is to use Organ Dose Modulation (ODM) software. ODM is a CT feature that can reduce radiation exposure to radiosensitive organs. This study aims to evaluate the effectiveness of ODM in reducing radiation dose in CT thorax examinations and its impact on image quality.

Methods: This experimental study using a quantitative approach was conducted by *Scanning* a torso phantom from August to October 2025 at Indriati Solo Baru General Hospital. Thoracic *Scanning* was performed with two conditions: ODM OFF and ODM ON. Radiation exposure measurements in radiosensitive areas were performed by placing TLDs over the *thyroid*, mammary glands, lungs, and *vertebrae* (spinal cord), with each measurement repeated twice. Image quality was then assessed using SNR and CNR measurements with three repeated measurements. The resulting data were analyzed descriptively and analytically to compare dose distribution and image quality when the ODM was turned off and on.

Results: TLD measurements demonstrated dose redistribution when the ODM was activated. Comparison of the average dose showed a decrease in anterior radiosensitive organs, with a 2.59% decrease in the *thyroid* and a 16.71% decrease in the mammary glands. Conversely, there was an increase in dose in the posterior and lateral regions, with a 45.05% increase in the *vertebrae* and a 5.05% increase in the lungs. Image quality analysis revealed a 14.76% increase in SNR and a 28.30% increase in CNR when the ODM was activated.

Conclusions: This study demonstrates that the ODM not only reduces radiation dose to anterior radiosensitive organs but also improves image quality.

Keywords: Chest CT; Organ Dose Modulation (ODM); Doses; Image Quality

Pendahuluan

CT *Scan* merupakan modalitas radiologi yang membantu dalam pemeriksaan diagnostik untuk mendiagnosis berbagai penyakit dengan menggunakan radiasi pengion. CT *Scan* menerapkan prinsip kerja tomografi melalui penyinaran tubuh dengan cara memindai dari berbagai arah (Lahham, ALMasri, & Kameel, 2018; Larasati, Sari, Tiko Bahagia, Hartoyo, & Mulyati, 2021). CT *Scan* mampu menampilkan citra dari berbagai jenis jaringan seperti paru-paru, jantung, tulang, jaringan lunak, otot, dan pembuluh darah. CT *Scan* dapat digunakan untuk mendiagnosis kelainan pada seluruh tubuh (*body imaging*)

(Akşamoğlu & Menzilioğlu, 2023; Lahham et al., 2018). Jenis pemeriksaan CT *Scan* yang paling umum adalah CT kepala (*head*), rongga perut (abdomen), rongga dada (thorax), dan lain-lain (Rukmana, Kamantuh, Dwinanto, & Saputri, 2021).

CT *Scan* Thorax (Chest CT) adalah pemeriksaan diagnostik untuk menampilkan organ paru-paru, saluran pernapasan dan parenkim paru baik yang normal atau berpatologi. Pemeriksaan CT Thorax memiliki tingkat akurasi diagnostik sekitar 86,8%, tingkat sensitivitas sebesar 71% - 78,3%, dan nilai spesifisitas hampir 100% (Munthe, 2016; Suryamin, 2021). Peningkatan pemeriksaan CT *Scan* memberikan peningkatan radiasi pengion ke

masyarakat. Pemeriksaan CT *Scan* akan mengenai keseluruhan jaringan karena adanya akuisisi yang berotasi, sehingga dosis radiasi terdistribusi merata pada berkas yang dikenai. Efek ionisasi dari radiasi pengion dapat menyebabkan kerusakan sel dan jaringan, merusak struktur materi genetik dan meningkatkan risiko kanker dalam jangka panjang (Akşamoğlu & Menzilcioğlu, 2023; Layman et al., 2021).

Risiko karsinogenik perlu diperhatikan terutama pada organ radiosensitif di area rongga dada seperti kelenjar payudara, paru-paru, *thyroid* dan sumsum tulang belakang (Franck, Smeets, Lapeire, Achten, & Bacher, 2018; John P.L dan Leslie E.K, 2018; Lahham et al., 2018; Layman et al., 2021). Pemeriksaan CT Thorax memberikan dosis radiasi yang lebih tinggi dibandingkan pemeriksaan radiografi konvensional. CT Thorax memberikan $\pm 20\%$ dari total keseluruhan pemeriksaan di instalasi radiologi dan memberikan dosis kolektif tahunan tertinggi sebesar 40% - 60% dibandingkan pemeriksaan lainnya. Sehingga CT *Scan* Thorax memberikan dosis radiasi lebih dari 100 kali lipat dibandingkan radiografi thorax rutin (Lahham et al., 2018; Larasati et al., 2021).

Perlu adanya upaya proteksi radiasi untuk menurunkan efek radiasi terutama pada organ-organ sensitif pada area rongga dada. Upaya proteksi radiasi dilakukan melalui peningkatan proteksi dan keselamatan individu dengan cara memberikan paparan dosis perseorangan serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial. Bentuk upaya proteksi radiasi dapat dilakukan dengan cara melakukan desain peralatan atau desain instalasi, misalnya pemberian shielding atau penerapan software tertentu untuk menurunkan paparan dosis radiasi kepada perseorangan (IAEA 2014). Perkembangan CT *Scan* yang masif ini memberikan kesempatan beberapa produsen CT *Scan* menawarkan beberapa software yang mendukung upaya proteksi radiasi seperti *software Organ Dose Modulation* (ODM) (Dixon, Loader, Stevens, & Rowles, 2016).

ODM atau disebut juga sebagai *Tube Current Modulation* (TCM) atau *Automatic Exposure Control* (AEC) merupakan salah satu *software* yang dikembangkan untuk menurunkan paparan dosis, penurunan *image noise*, pemberian dosis efektif, dan penurunan dosis organ sehingga didapatkan dosis efektif. ODM mampu menurunkan dosis paparan sebanyak 20%, menurunkan distribusi dosis pada sisi anterior sebanyak 40%, dan menurunkan distribusi pada sekitar organ sebanyak 24% (Dixon et al., 2016). ODM juga menurunkan

dosis radiasi pada area mata sebesar 9,75%, area *thyroid* sebanyak 44,57%, dan pada area *mammæ* sebanyak 29,85% pada pemeriksaan CT Sinus Paranasal (Fatmayanti, Rochmayanti, Handayani, Kurniawan, & Kartikasari, 2024; Irma Handayani, Rochmayanti, Dwi Handoko, Kemenkes Semarang, & Corresponding Author, 2023). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas penggunaan software ODM dalam pemeriksaan CT Thorax dalam penurunan dosis radiasi terutama pada organ-organ sensitif di area rongga dada tanpa menurunkan kualitas citranya.

Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus – Oktober 2025 di Instalasi Radiologi RSU Indriati Solo Baru. Peralatan yang digunakan meliputi Pesawat MSCT GE *Revolution EVO* 128-slice, *phantom torso*, *Thermoluminiscent Dosimeter* (TLD), laptop, alat tulis, dan memori penyimpanan (DVD). Prosedur penelitian yang dilakukan yaitu melakukan *scanning* CT Thorax pada *phantom* dengan menggunakan parameter standar. Pemindaian dilakukan dalam dua kondisi yaitu ketika ODM non-aktif (*OFF*) dan ODM aktif (*ON*). Tabel parameter *scanning* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Scanning MSCT Chest

Protokol	kV	mAs	Slice Thickness	FOV	Auto mA
tanpa ODM	120	120	0,625	Large Body	<i>OFF</i>
dengan ODM	120	120	0,625	Large Body	<i>OFF</i>



Gambar 1. Peletakan TLD pada Area *Thyroid*, Kelenjar Payudara, Paru-Paru, dan *Vertebrae* (Sumsum Tulang Belakang).

Pengukuran dosis dilakukan dengan cara meletakkan TLD pada torso phantom sesuai dengan gambar 1. TLD ditempel pada area *thyroid*, kelenjar payudara, paru-paru, dan *vertebrae* (sumsum tulang belakang). Kemudian *scanning* dilakukan sebanyak 2 kali pada masing-masing pengaturan ODM *ON* dan ODM *OFF*. Hasil pengukuran TLD selanjutnya dikirimkan ke PT NuklindoLab untuk dilakukan pembacaan hasil dosis. Hasil pengukuran TLD selanjutnya dilakukan pengolahan data secara deskriptif analitik.

Untuk penilaian kualitas citra, dilakukan pengukuran *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) dengan menggunakan *tools RadiAnt*. Pengukuran dilakukan dengan cara membuat *Region of Interest* (ROI) sebesar 5 mm pada area paru dan *soft tissue*. Pengukuran diulangi sebanyak 3 kali pada masing-masing citra ODM aktif dan ODM non-aktif. Peletakan ROI dapat dilihat pada Gambar 2. Titik pengukuran diulang sebanyak 4 kali pada masing-masing hasil *Scanning*. Titik ROI diletakkan pada area Lung dan Soft tissue. Ukuran ROI sebesar 5 mm.



Gambar 2. Lokasi titik ROI untuk pengukuran SNR dan CNR

Hasil pengukuran ROI dihitung menggunakan rumus berikut ini (Sookpeng, Martin, & Butdee, 2019).

$$SNR = \left| \frac{HU_{ROI}}{\sigma_{ROI}} \right| \quad (1)$$

$$CNR = \frac{|HU_{Lung} - HU_{Soft\ tissue}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{Lung}^2 + \sigma_{Soft\ tissue}^2}{2}}} \quad (2)$$

Pengolahan data dan analisis data dilakukan cara melakukan *entry data* pembacaan TLD dari Nuklindo yang berupa hasil dosis dan nilai SNR dan CNR, kemudian dilakukan tabulasi yaitu menyusun

data hasil penelitian untuk disajikan dalam tabel agar lebih mudah dibaca dan dianalisis. Kemudian hasil data dilakukan analisis deskriptif analitik untuk menentukan seberapa efektif penggunaan *software* ODM pada pemeriksaan CT Thorax.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran dosis yang didapatkan dari pengukuran nilai TLD yang diletakkan pada beberapa area seperti *thyroid*, mammae, paru-paru, dan *vertebrae* (sumsum tulang belakang). Adapun hasil pengukuran dosis dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Dosis

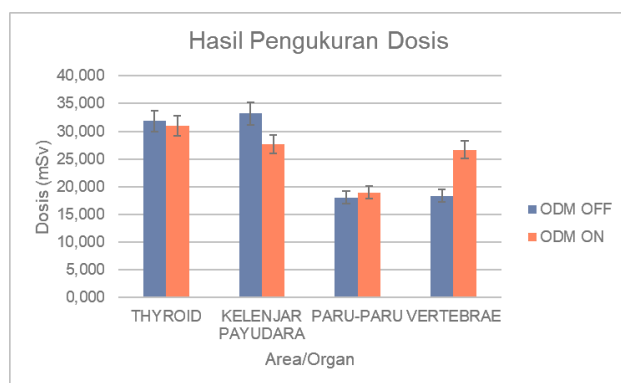
No	No. TLD	Nama & Posisi	Hasil Pengukuran (mSv)
Tanpa ODM	1	P0625-01-001 <i>Thyroid</i> (1a)	26.837±6%
	2	P0625-01-003 <i>Thyroid</i> (2a)	36.818±6%
	3	P0625-01-005 Kelenjar payudara (1a)	32.027±6%
	4	P0625-01-007 Kelenjar payudara (2a)	34.354±6%
	5	P0625-01-009 Paru-paru (1a)	12.806±6%
	6	P0625-01-011 Paru-paru (2a)	23.357±6%
	7	P0625-01-013 <i>Vertebrae</i> (1a)	21.221±6%
	8	P0625-01-015 <i>Vertebrae</i> (2a)	15.562±6%
Dengan ODM	9	P0625-01-002 <i>Thyroid</i> (1b)	37.745±6%
	10	P0625-01-004 <i>Thyroid</i> (2b)	24.264±6%
	11	P0625-01-006 Kelenjar payudara (1b)	31.726±6%
	12	P0625-01-008 Kelenjar payudara (2b)	23.566±6%
	13	P0625-01-010 Paru-paru (1b)	12.698±6%
	14	P0625-01-012 Paru-paru (2b)	25.290±6%
	15	P0625-01-014 <i>Vertebrae</i> (1b)	27.161±6%
	16	P0625-01-016 <i>Vertebrae</i> (2b)	26.193±6%

Pada tabel 2. Menunjukkan redistribusi dosis yang bervariasi tergantung dari posisi/area organ yang diukur pada saat kondisi ODM aktif dan non aktif. Rentang dosis pada masing-masing organ ketika ODM non-aktif yaitu *thyroid* (26,837 – 36, 818 mSv), kelenjar payudara (32,027 – 34,354 mSv), paru-paru (12,806 – 23,257 mSv), dan *vertebrae* (15,562 – 21,221 mSv). Sedangkan

rentang dosis pada masing-masing organ ketika ODM aktif meliputi *thyroid* (24,264 – 37, 745 mSv), kelenjar payudara (23,566 – 31,726 mSv), paru-paru (12,698 – 25,290 mSv), dan *vertebrae* (26, 193 – 27,161 mSv). Rentang pengukuran dosis sangat bervariasi dikarenakan penempatan TLD yang tidak konsisten dan keterbatasan alat TLD. Sehingga pengulangan pengukuran hanya dilakukan sebanyak 2 kali pada setiap organ. Perbandingan rerata dosis pada berbagai area organ dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Perbandingan Rerata Hasil Pengukuran Dosis pada Berbagai Area Organ Sensitif dan Pengaturan ODM

Organ/ Regio	Rerata Dosis ketika ODM OFF (mSv)	Rerata Dosis ketika ODM ON (mSv)	Selisih (%)
<i>Thyroid</i>	31.828±1.91	31.005±1.86	↓ 2,59%
Kelenjar Payudara	33.191±1.99	27.646±1.66	↓ 16,71%
Paru-Paru	18.082±1.08	18.994±1.14	↑ 5,05%
<i>Vertebrae</i> (Sumsum Tulang Belakang)	18.392±1.10	26.677±1.60	↑ 45,05%



Gambar 3. Grafik Perbandingan Rerata Hasil Pengukuran Dosi pada berbagai Organ dan Pengaturan ODM

Pada organ anterior yang sensitif terhadap radiasi yaitu *thyroid* dan kelenjar payudara, menunjukkan adanya penurunan dosis masing-masing 2,59% dan 16,71%. Pada organ paru-paru dan *vertebrae*, menunjukkan adanya peningkatan dosis masing-masing 5,05% dan 45,05%. Terjadinya perbedaan dosis radiasi ini dipengaruhi oleh perbedaan letak TLD. Pada pengukuran dosis radiasi *thyroid* dan kelenjar payudara diletakkan di sisi anterior kanan dan sisi anterior kiri. Sedangkan pada pengukuran dosis radiasi paru-paru diletakkan

di sisi lateral kanan dan pada pengukuran dosis radiasi *vertebrae* diletakkan di sisi posterior.

Penurunan dosis tampak lebih signifikan pada area kelenjar payudara dibandingkan area *thyroid* dikarenakan luas permukaan dan posisi anatomi organ. Area kelenjar payudara merupakan organ superfisial dengan paparan langsung berkas sinar-x pada sisi anterior, sehingga lebih responsif dalam penurunan mA ketika ODM diaktifkan. Hal ini sesuai dengan literatur sebelumnya bahwa ODM mampu menurunkan dosis payudara sebesar 20-30% tanpa menurunkan kualitas citra (Dixon et al., 2016; Fu et al., 2017). Selain itu, (Franck et al., 2018) juga menyatakan penggunaan *organ-base tube current modulation* memberikan proteksi secara signifikan terhadap organ anterior terutama pada payudara dan *thyroid* pada pemeriksaan CT Scan.

Meskipun penurunan dosis radiasi pada area *thyroid* relatif rendah, hal ini masih relevan mengingat kelenjar *thyroid* termasuk organ yang radiosensitivitas tinggi dan memiliki bobot jaringan yang cukup besar dalam perhitungan dosis efektif. Variasi nilai dosis yang diperoleh juga dipengaruhi oleh keterbatasan penempatan TLD dan ketidakpastian relatif alat ukur sebesar ±6% yang terdapat dalam hasil pengukuran. Namun, tren penurunan dosis tetap konsisten dengan mekanisme kerja ODM yang memprioritaskan proteksi organ anterior.

Berbeda dengan hasil pengukuran sisi lateral dan posterior yang menunjukkan adanya peningkatan dosis pada area paru-paru sisi lateral sebesar 5,05% dan pada area *vertebrae* sebesar 45,05% ketika ODM diaktifkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa prinsip kerja ODM sesuai dengan pola modulasi pada penelitian-penelitian sebelumnya. Prinsip kerja ODM adalah penurunan arus tabung (mA) pada sisi anterior dikompensasi dengan peningkatan mA disisi lateral dan posterior untuk mempertahankan kualitas citra secara keseluruhan (Dixon et al., 2016; Fu et al., 2017; Layman et al., 2021). Tidak adanya kompensasi mA pada sisi posterior menjadi pembeda dari software pada vendor lainnya yang mana melakukan redistribusi dosis dengan menaikkan mA posterior, sehingga menurunkan dosis total (CTDIvol) sekitar 20% ketika ODM diaktifkan (Dixon et al., 2016).

Peningkatan dosis pada area *vertebrae* disebabkan pemosisian TLD yang sesuai dengan posisi anatomis *vertebrae* yang berada di posterior. Posisi menyebabkan penerimaan berkas sinar-X dengan mA yang lebih tinggi saat ODM aktif. Temuan ini sesuai dengan penelitian sebelumnya

yaitu penggunaan ODM dapat meningkatkan dosis pada organ posterior, terutama pada tulang belakang akibat mekanisme kompensasi arus tabung (Layman et al., 2021; Mussmann et al., 2021). Sehingga ODM tidak mengurangi dosis total secara merata, melainkan menggeser distribusi dosis dari organ anterior ke posterior. Efek ODM bersifat organ-spesifik dan bergantung pada posisi relatif organ terhadap sudut modulasi yang menyebabkan redistribusi fluks foton (Dixon et al., 2016; Fu et al., 2017; Inoue et al., 2024; Layman et al., 2021; Mussmann et al., 2021). Hal ini juga diperkuat dengan simulasi *Monte Carlo* menggunakan PCXMC menunjukkan dosis pada sumsum tulang aktif justru mengalami sedikit peningkatan sekitar 1,09 kali lipat ketika ODM diaktifkan (Giansante et al., 2019; Hosseinzadeh, Ghaffari, Rezaeyan, & Deilami, 2021; Yang et al., 2021).

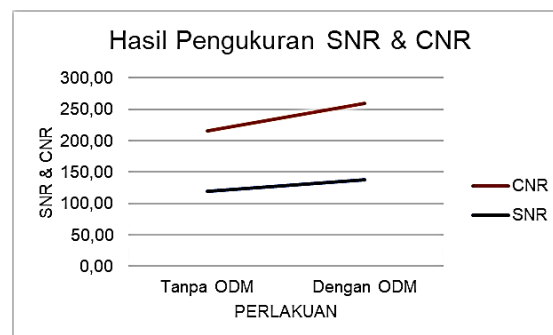
Tabel 4. Hasil Pengukuran SNR dan CNR

No	Pengaturan	SNR	CNR
1	ODM OFF	113,16	89,75
2	ODM OFF	117,04	99,07
3	ODM OFF	125,01	98,81
4	ODM OFF	112,36	93,86
5	ODM OFF	124,76	97,44
6	ODM OFF	123,93	95,73
7	ODM OFF	119,93	89,51
8	ODM ON	128,20	106,70
9	ODM ON	114,09	99,08
10	ODM ON	127,12	110,75
11	ODM ON	135,00	113,80
12	ODM ON	150,65	172,63
13	ODM ON	177,30	155,87
14	ODM ON	129,37	101,43
15	ODM ON	138,20	115,26
16	ODM ON	113,16	89,75

Dalam konteks proteksi radiasi, redistribusi fluks foton ini masih dapat diterima dikarenakan area posterior seperti *vertebrae* memiliki tingkat radiosensitivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan organ anterior seperti kelenjar payudara dan *thyroid*. Efek stokastik jangka panjang juga lebih besar pada terjadi pada jaringan glandular dan sel yang aktif membelah, sehingga proteksi radiasi terhadap organ anterior tetap menjadi prioritas utama. Oleh karena itu, peningkatan dosis radiasi pada area posterior seperti *vertebrae* dalam penelitian ini tidak meniadakan manfaat ODM, melainkan penegasan perlunya pemahaman menyeluruh mengenai pola distribusi dosis ketika

fitur ODM ini digunakan. Selain hasil evaluasi dosis radiasi, didapatkan juga hasil pengukuran kualitas citra melalui pengukuran SNR dan CNR. Hasil pengukuran SNR dan CNR dapat dilihat pada tabel 4.

Hasil pengukuran SNR tertinggi pada hasil citra dengan ODM tidak aktif (*OFF*) adalah 112,36, SNR terendah dengan ODM tidak aktif (*OFF*) adalah 125,01, dan rata-rata nilai SNR dengan ODM tidak aktif (*OFF*) adalah 119,81. Sedangkan hasil citra dengan ODM aktif (*ON*) didapatkan nilai SNR terendah adalah 114,09, SNR tertinggi adalah 177,30, dan rata-rata nilai SNR adalah 137,49. Hasil pengukuran CNR pada pengaturan ODM *OFF* menunjukkan nilai terendah 89,51, nilai tertinggi 99,07, dan rata-rata 95,05. Sedangkan nilai CNR dengan pengaturan ODM *ON* menunjukkan nilai terendah 99,08, nilai tertinggi 172,63, dan nilai rata-rata 121,94. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa aktivasi ODM meningkatkan SNR sebesar 14,76% dan CNR sebesar 28,30% dibandingkan dengan protokol standar tanpa ODM. Adapun grafik hasil pengukuran SNR dan CNR dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengukuran SNR & CNR dengan dan Tanpa Pengaktifan ODM

Pada Gambar 4 menunjukkan adanya tren kenaikan linear pada SNR dan CNR. Hal tersebut menunjukkan pengaktifan ODM pada pemeriksaan CT Scan Thorax cukup efektif dalam meningkatkan kualitas citra. Pada hasil pengukuran CNR menunjukkan tren kenaikan yang lebih curam dibandingkan dengan SNR. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ODM mampu meningkatkan perbedaan detail struktur yang lebih smooth.

Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa penggunaan ODM tidak hanya meningkatkan proteksi radiasi tetapi mampu mempertahankan bahkan meningkatkan kualitas citra. Peningkatan nilai CNR yang cenderung lebih tinggi dibandingkan SNR menunjukkan kontribusi ODM dalam meningkatkan perbedaan kontras antar

jaringan, khususnya antara jaringan paru-paru dengan jaringan lunak lainnya. Hal ini cukup penting dalam pemeriksaan CT Thorax, yang mana kemampuan membedakan detail struktur anatomi dan lesi patologis menjadi fokus utama dalam mendiagnosis. Hal ini sesuai dengan temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan teknik modulasi arus tabung mampu mempertahankan atau meningkatkan kualitas citra meskipun terjadi penurunan dosis (Schimmöller et al., 2014; Sookpeng et al., 2019).

Peningkatan kualitas citra ini terjadi karena adanya optimasi distribusi foton sinar-x yang lebih efisien, sehingga noise citra dapat ditekan tanpa harus meningkatkan dosis secara signifikan. ODM tidak hanya menurunkan dosis radiasi, namun tetap mempertahankan kualitas citra. Adanya perkembangan algoritma rekonstruksi modern dan software otomatisasi mA dan kV menambah optimasi dosis radiasi dan kualitas citra pada pemeriksaan CT *Scan* thorax. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan ODM pada pemeriksaan CT *Scan* thorax terbukti efektif dalam menurunkan dosis radiasi pada organ anterior yang lebih radiosensitif tanpa menurunkan kualitas citra. Hal ini mendukung prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) dalam proteksi radiasi yang direkomendasikan oleh IAEA dan beberapa literatur lainnya.

Namun penelitian ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Penggunaan phantom sebagai objek penelitian tidak sepenuhnya merepresentasikan variasi anatomi dan komposisi jaringan pada manusia. Selain itu, jumlah pengulangan pengukuran TLD yang terbatas dan ketidakpastian alat ukur dapat mempengaruhi presisi hasil. Sehingga perlu adanya penelitian lanjutan dengan penggunaan subjek pasien untuk memperkuat penelitian ini. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menguatkan penelitian-penelitian sebelumnya bahwa ODM merupakan salah satu software yang efektif dalam optimasi dosis CT Thorax. Penurunan dosis pada area kelenjar payudara dan *thyroid*, peningkatan kualitas citra, dan redistribusi dosis menunjukkan ODM cukup efektif untuk digunakan pada protokol CT *Scan* thorax.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan ODM pada pemeriksaan CT *Scan* thorax cukup efektif dalam menurunkan dosis radiasi pada area kelenjar payudara dan *thyroid*, meningkatkan kualitas citra, dan redistribusi dosis

yang optimal sehingga dapat dijadikan alternatif protokol pemeriksaan CT *Scan* thorax. Namun perlu adanya penelitian lanjutan dengan subjek pasien dan pengulangan pengukuran dosis untuk memperkuat penelitian ini dan optimasi dalam diagnosis.

Daftar Pustaka

- Akşamoğlu, M., & Menzilioğlu, M. S. (2023). Evaluation of the Image Quality of Ultra-Low-Dose Paranasal Sinus Computed Tomography *Scans*. <https://doi.org/10.58600/eurjther.20232902-1131.y>
- Angel, E., Yaghmai, N., Jude, C. M., DeMarco, J. J., Cagnon, C. H., Goldin, J. G., ... McNitt-Gray, M. F. (2009). Dose to radiosensitive organs during routine chest CT: Effects of tube current modulation. *American Journal of Roentgenology*, 193(5), 1340–1345. https://doi.org/10.2214/AJR.09.2886/ASSE_T/IMAGES/11_09_2886_04.JPEG
- Artitin, C., Harahap, W. A., & Ellyanti, A. (2018). Pengukuran Dosis Radiasi Pada Organ *Thyroid* dan Mata Saat Pemeriksaan Fluorografi. In *Jurnal Kesehatan Andalas* (Vol. 7). <https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jka.v7i0.943>
- Dixon, M. T., Loader, R. J., Stevens, G. C., & Rowles, N. P. (2016). An evaluation of organ dose modulation on a GE optima CT660-computed tomography *Scanner*. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 17(3), 380–391. <https://doi.org/10.1120/jacmp.v17i3.5724>
- Fatmayanti, H., Rochmayanti, D., Handayani, A. I., Kurniawan, A. N., & Kartikasari, Y. (2024). Profil Dosis Sekunder Ct *Scan* Sinus Paranasal Dengan Aplikasi Software Organ Dose Modulation (ODM). *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)*, 7(1), 52–57. <https://doi.org/10.55451/JRI.V7I1.284>
- Franck, C., Smeets, P., Lapeire, L., Achten, E., & Bacher, K. (2018). Estimating the patient-specific dose to the *thyroid* and breasts and overall risk in chest CT when using organ-based tube current modulation. *Radiology*, 288(1), 164–169. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018170757>
- Fu, W., Sturgeon, G. M., Agasthya, G., Segars, W. P., Kapadia, A. J., & Samei, E. (2017a). Breast dose reduction with organ-based, wide-angle tube current modulated CT.

- Journal of Medical Imaging, 4(3), 031208.
<https://doi.org/10.1117/1.JMI.4.3.031208>
- Gandhi, D. (2014). The Effects of Organ-based Tube Current Modulation on Radiation The Effects of Organ-based Tube Current Modulation on Radiation Dose and Image Quality in Computed Tomography Imaging Dose and Image Quality in Computed Tomography Imaging. Milwaukee, Wisconsin. Retrieved from https://epublications.marquette.edu/theses_open/277
- Giansante, L., Martins, J. C., Nersissian, D. Y., Kiers, K. C., Kay, F. U., Sawamura, M. V. Y., ... Costa, P. R. (2019). Organ doses evaluation for chest computed tomography procedures with TL dosimeters: Comparison with Monte Carlo simulations. *J Appl Clin Med Phys*, 20(1), 308–320. <https://doi.org/10.1002/acm2.12505>
- Goldman, L. W. (2008, June). Principles of CT: Multislice CT. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, Vol. 36, pp. 57–68. <https://doi.org/10.2967/jnmt.107.044826>
- Hosseinzadeh, V., Ghaffari, H., Rezaeyan, A., & Deilami, S. (2021). Estimating organ dose in computed tomography using tube current modulation: A Monte Carlo simulation. *International Journal of Radiation Research*, 19(3), 575–581. <https://doi.org/10.52547/IJRR.19.3.575>
- IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. (n.d.). Retrieved from http://ec.europa.eu/dgs/communication/services/visual_identity/index_en.htm
- Inoue, Y., Itoh, H., Koizumi, K., Sekimoto, S., Hata, H., Miyatake, H., ... Mitsui, K. (2024). Effects of organ dose modulation applied to a part of the *Scan* range on radiation dose in computed tomography of the body. *Journal of Radiological Protection : Official Journal of the Society for Radiological Protection*, 44(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6498/AD6D76>
- Irma Handayani, A., Rochmayanti, D., Dwi Handoko, B., Kemenkes Semarang, P., & Corresponding Author, I. (2023). Reduksi Dosis Serap Mata dengan Implementasi Software Organ Dose Modulation (ODM) pada Protokol CT *Scan* Sinus Paranasal. *Jurnal Imejing Diagnostik (JIImeD)*, 9(2), 96–102. Retrieved from <https://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/jimed/article/view/10408>
- John P.L dan Leslie E.K. (2018). Bontrager's Textbook Of Radiographic Positioning And Related Anatomy.
- Lahham, A., Almasri, H., & Kameel, S. (2018). Estimation Of Female Radiation Doses And Breast Cancer Risk From Chest Ct Examinations. *Radiation Protection Dosimetry*, 179(4), 303–309. <https://doi.org/10.1093/RPD/NCX283>
- Larasati, N., Sari, K., Tiko Bahagia, D., Hartoyo, P., & Mulyati, D. (2021). The Effects Of High Dose And Low Dose Protocols In Thorax's Ct *Scan* Image Quality. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 11(2).
- Layman, R. R., Hardy, A. J., Kim, H. J., Chou, E. N., Bostani, M., Cagnon, C., ... McNitt-Gray, M. (2021). A comparison of breast and lung doses from chest CT *Scans* using organ-based tube current modulation (OBTCM) vs. Automatic tube current modulation (ATCM). *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 22(5), 97–109. <https://doi.org/10.1002/acm2.13198>
- Munthe, F. K. (2016). Akurasi Diagnostik Transthoracic Needle Aspiration dengan Tuntunan CT *Scan* Torak dalam Menegakkan Diagnosis Kanker Paru di RSUP H. Adam Malik Medan. Retrieved from <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/50875>
- Mussmann, B. R., Mørup, S. D., Skov, P. M., Foley, S., Brenøe, A. S., Eldahl, F., ... Precht, H. (2021). Organ-based tube current modulation in chest CT. A comparison of three vendors. *Radiography*, 27(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.04.011>
- Nesseth, R. (2000). Procedure and Documentation for CT and MRI.
- Rasya Ziyen. (2021). Analysis The Effect Of Software Organ Dose Modulation (Odm) On The Image Quality Ct-*Scan* Thorax Low Dose In Covid 19 Case. Poltekkes Kemenkes Jakarta 2, Jakarta.
- Rukmana, D. A., Kamantuh, V. S., Dwinanto, B., & Saputri, L. D. (2021). Analisis Reduksi Dosis Efektif Mata Pada Fantom Menggunakan TLD Mata dengan Implementasi Software Organ Dose Modulation (ODM) dan Eyeshield pada Protokol CT Kepala dengan Alat GE Revolution Evo 128 Slice. *Jurnal*

- Pengawasan Tenaga Nuklir, 1(1), 26–30. <https://doi.org/10.53862/jupeten.v1i1.006>
- Rukmana, D., & Veronika. (2021). Analisis Reduksi Dosis Efektif Mata Pada Fantom Menggunakan TLD Mata dengan Implementasi Software Organ Dose Modulation (ODM) dan Eyeshield pada Protokol CT Kepala dengan Alat GE Revolution Evo 128 Slice. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir*, 1(1).
- Schimmöller, L., Lanzman, R. S., Dietrich, S., Boos, J., Heusch, P., Miese, F., ... Kröpil, P. (2014). Evaluation of automated attenuation-based tube potential selection in combination with organ-specific dose reduction for contrast-enhanced chest CT examinations. *Clinical Radiology*, 69(7), 721–726. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2014.02.008>
- Sookpeng, S., Martin, C. J., & Butdee, C. (2019). The investigation of dose and image quality of chest computed tomography using different combinations of noise index and adaptive statistic iterative reconstruction level. *Indian Journal of Radiology and Imaging*, 29(1), 53–60. https://doi.org/10.4103/IJRI.IJRI_124_18 ID/JR_29/BIB
- Speed, U. (n.d.). *Sectional Anatomy by CT and MRI*.
- Strecker, S., Kuckertz, A., & Pawlowski, J. M. (2020). *Principles of Anatomy and Physiology*, 16th Edition. ICB Research Reports, (9). Retrieved from <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/home/catalog/id/174870/slug/principles-of-anatomy-and-physiology-16th-edition.html>
- Suryamin, R. (Ricky). (2021). Modalitas CT-Scan Toraks sebagai Pemeriksaan Penunjang pada COVID-19. *Cermin Dunia Kedokteran*, 48(1), 398749. <https://doi.org/10.55175/CDK.V48I1.1269>
- Yang, Y., Zhuo, W., Zhao, Y., Xie, T., Wang, C., & Liu, H. (2021). Estimating Specific Patient Organ Dose for Chest CT Examinations with Monte Carlo Method. *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 8961, 11(19), 8961. <https://doi.org/10.3390/APP11198961>
- Zhao, Y., Geng, X., Li, D., Zhang, T., & Xu, Y. (2021). Application of full-field organ dose modulation on cervical-thoraco-abdominopelvic contrast-enhanced computed tomography. *Japanese Journal of Radiology*, 39(3), 254–260. <https://doi.org/10.1007/s11604-020-01056-7>