

## Pengaruh Media Kontras terhadap Nilai HU, CTDI dan DLP pada Pemeriksaan CT Scan Pembuluh Darah untuk Penentuan Nilai Dosis Tipikal

### *The Effect of Contrast Media on HU, CTDI and DLP Values In CT Scan Examination of Blood Vessels to Determine Typical Dose Values*

Nurul Auliah Sari<sup>1</sup>, Sri Dewi Astuty<sup>1\*</sup>, Sunggeng Riady<sup>2</sup>, Syamsir Dewang<sup>1</sup>,  
Ajeng Anggreny Ibrahim<sup>1</sup>, Ayu Hardianti Pratiwi<sup>1</sup>

Received 30 April 2025

Accepted 30 June 2025

Published June 2025

<sup>1</sup>Laboratorium Optik dan Spektroskopi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia, 90245

<sup>2</sup>Rumah Sakit TK II Pelamonia Makassar, Indonesia, 90245

**Abstrak.** Pemeriksaan CT-Scan dalam diagnostik medis menghasilkan radiasi yang lebih tinggi dibandingkan X-Ray konvensional, terutama untuk klinis tertentu yang memerlukan tambahan media kontras memberikan kontribusi semakin tinggi energi radiasi yang diserap oleh jaringan. Medium kontras umumnya berbahan dasar iodine yang memiliki densitas tinggi dan menyerap lebih banyak sinar-X, sehingga akan meningkatkan nilai HU. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media kontras terhadap nilai Hounsfield Unit (HU), *Computed Tomography Dose Index* (CTDI), dan *Dose Length Product* (DLP) guna mendukung penentuan Nilai Dosis Tipikal (NDT). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan membandingkan data pemeriksaan CT-Scan sebelum dan sesudah pemberian media kontras pada sejumlah pasien. Nilai HU diukur pada pembuluh darah utama, sedangkan CTDI dan DLP diperoleh langsung dari konsol CT Scanner. Sampel penelitian terdiri dari 30 pasien abdomen dan 26 pasien head untuk analisis NDT, diantaranya terdapat masing-masing 10 pasien abdomen maupun pasien head yang digunakan untuk deteksi perubahan nilai HU. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian medium kontras pada pemeriksaan CT abdomen dan head menyebabkan peningkatan signifikan pada nilai *Hounsfield Unit* (HU), yaitu dari 43,53 menjadi 290,58 untuk abdomen dan dari 35,98 menjadi 67,65 untuk head. Selain itu, terdapat kenaikan pada Nilai Dosis Tipikal (NDT) setelah penggunaan kontras. Parameter dosis radiasi yang tercatat yaitu  $CTDI_{vol}$  sebesar 5,05 mGy dan DLP sebesar 118,13 mGy·cm untuk abdomen, serta  $CTDI_{vol}$  sebesar 49,35 mGy dan DLP sebesar 1108,30 mGy·cm untuk head, yang seluruhnya masih berada di bawah nilai batas *Dose Reference Level* (DRL). Hasil ini menegaskan bahwa medium kontras tidak hanya meningkatkan kualitas citra melalui peningkatan *Hounsfield Unit* (HU), tetapi juga memengaruhi besaran dosis radiasi yang diterima pasien. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan parameter pemindaian yang optimal untuk mencapai keseimbangan antara kualitas citra diagnostik dan keselamatan radiasi.

**Abstract.** CT-Scan examination in medical diagnostics produces higher radiation compared to conventional X-Ray, especially for certain clinical conditions that require additional contrast media that contribute to higher radiation energy absorbed by the tissue. Contrast media are generally iodine-based which has a high density and absorbs more X-rays, thus increasing the HU value. This study aims to determine the effect of contrast media on Hounsfield Unit (HU), *Computed Tomography Dose Index* (CTDI), and *Dose Length Product* (DLP) values to support the determination of Typical Dose Value (NDT). This study uses an experimental quantitative approach by comparing CT-Scan examination data before and after administration of contrast media in a number of patients. HU values are measured in the main blood vessels, while CTDI and DLP were obtained directly from the CT Scanner console. The study sample consisted of 30 abdominal patients and 26 head patients for NDT analysis, including 10 abdominal patients and 10 head patients each used to detect changes in HU values. The results show that the administration of contrast media in CT examinations of the abdomen and head causes a significant increase in Hounsfield Unit (HU) values, namely from 43,53 to 290,58 for the abdomen and from 35,98 to 67,65 for the head. In addition, there is an increase in the Typical Dose Value (NDT) after the use of contrast. The recorded radiation dose parameters are  $CTDI_{vol}$  of 5,05 mGy and DLP of 118,13 mGy cm for the abdomen, and  $CTDI_{vol}$  of 49,35 mGy and DLP of 1108,30 mGy cm for the head, all of which remain below the Dose Reference Level (DRL) limit. These results confirm that contrast media not only improve image quality by increasing Hounsfield Units (HU), but also affect the amount of radiation dose received by patients. Therefore, optimal scanning parameter settings are needed to achieve a balance between diagnostic image quality and radiation safety.

**Keywords:** Contrast Media, Hounsfield Unit, Typical Dose Value, Diagnostic Reference Level, Abdomen, Head.

## Pendahuluan

Penggunaan CT Scan di dunia medis terus meningkat seiring kebutuhan akan pencitraan yang lebih akurat, khususnya dalam pemeriksaan pembuluh darah. Kelainan pada pembuluh darah terkadang sulit dideteksi karena selain jaringannya bersifat *soft tissue*, beberapa bagian pembuluh darah juga berada di balik jaringan lainnya, sehingga

diperlukan penanda sebelum dilakukan *scanning*. Medium kontras umumnya berbahan dasar iodine yang memiliki densitas tinggi dan menyerap lebih banyak sinar-X, sehingga akan meningkatkan nilai HU (Lee et al., 2020). Pembuluh darah menjadi lebih terang (*hyperdense*) dibanding jaringan sekitar. Media kontras digunakan untuk meningkatkan perbedaan kerapatan antara berbagai jaringan tubuh, yang sangat berguna dalam visualisasi struktur vaskular dan lesi kecil yang mungkin sulit terlihat tanpa kontras. Dalam konteks CT scan, pemberian medium kontras membantu dalam mendeteksi kelainan seperti perdarahan, tumor, dan penyakit vaskular lainnya dengan meningkatkan kontras antara pembuluh darah dan jaringan sekitarnya. Meskipun medium kontras memberikan keuntungan dalam hal peningkatan kualitas gambar, ada konsekuensi terkait dosis radiasi yang diterima oleh pasien (Adi et al., 2024).

Salah satu monitoring dalam suatu modalitas adalah penerapan *Dose Reference Level* (DRL). DRL digunakan sebagai pedoman untuk mengevaluasi dan memantau dosis radiasi yang diberikan pada pasien selama prosedur pencitraan medis, khususnya dalam pencitraan menggunakan teknologi CT scan (Garba et al. 2021). Prinsip utama yang digunakan dalam optimasi dosis radiasi adalah prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA), yang mengutamakan pengurangan dosis radiasi sebanyak mungkin sambil tetap mempertahankan kualitas pencitraan yang memadai untuk diagnosis yang efektif (Desviana et al., 2018).

*Hounsfield Unit* (HU) dan Nilai Dosis Tipikal (NDT) merupakan dua parameter penting dalam konteks CT Scan. HU adalah skala yang digunakan untuk menggambarkan tingkat atenuasi sinar-X pada jaringan tubuh yang berbeda. Setiap jaringan tubuh manusia memiliki nilai HU yang berbeda misalnya, tulang memiliki nilai HU yang tinggi karena kemampuannya yang besar dalam menghalangi sinar-X, sementara udara memiliki nilai HU yang sangat rendah. NDT merujuk pada ukuran dosis radiasi yang diterima pasien pada area tubuh tertentu. NDT digunakan untuk menggambarkan dosis radiasi yang dihasilkan selama prosedur pencitraan pada volume tubuh tertentu, yang sangat penting dalam upaya mengoptimalkan dosis radiasi yang diberikan kepada pasien (Faisal et al., 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji dampak penggunaan media kontras terhadap kualitas citra dan dosis radiasi pada pemeriksaan CT Scan. Studi oleh Ohira et al. (2024) menunjukkan bahwa pemberian media kontras secara signifikan meningkatkan nilai HU, khususnya pada organ-organ yang sangat vaskular, sehingga berkontribusi pada peningkatan kualitas diagnostik. Namun demikian, perubahan nilai HU tersebut sering kali disertai dengan penyesuaian parameter teknis pemeriksaan seperti tegangan tabung dan arus listrik, yang pada akhirnya dapat memengaruhi dosis radiasi yang diterima pasien, termasuk nilai CTDI dan DLP. Hal ini sejalan dengan temuan Noveranty et al. (2024) yang menegaskan bahwa peningkatan faktor eksposi menghasilkan citra dengan kualitas lebih baik, namun disertai peningkatan dosis radiasi yang signifikan, tercermin dalam nilai CTDI dan DLP. Penelitian ini menyoroti pentingnya keseimbangan antara kualitas gambar dan dosis yang diberikan kepada pasien.

Meskipun sejumlah penelitian telah mengkaji aspek-aspek tersebut secara terpisah, kajian yang secara terpadu mengevaluasi pengaruh media kontras terhadap HU, CTDI, dan DLP secara bersamaan masih relatif terbatas, terutama dalam kerangka penetapan Nilai Dosis Tipikal (NDT) di fasilitas kesehatan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melengkapi pemahaman yang telah ada dengan memberikan pendekatan yang lebih menyeluruh terhadap hubungan antara media kontras dan parameter-parameter tersebut. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi tambahan dalam pengembangan pedoman dosis yang lebih representatif terhadap praktik klinis aktual.

## Metodologi Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Pesawat CT Scan Canon 640 Slice, injector kontras, dan display monitor CT Scan. Adapun subjek dalam penelitian ini adalah pasien yang memerlukan pemeriksaan CT Scan dengan pemberian medium kontras yang berbahan dasar Iodine. Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit TK II Pelamonia Makassar.



Gambar 1 Pesawat CT Scan



Gambar 2 Injector Kontras

## 2.2 Metode Pengambilan Data

Tahapan awal penelitian ini dimulai dengan pasien menjalani pemeriksaan CT Scan abdomen dan head sebelum dan sesudah penggunaan medium kontras. Data yang digunakan adalah 30 pasien yang menjalani pemeriksaan CT Scan abdomen dan 26 data pasien yang menjalani pemeriksaan CT Scan head sebelum dan sesudah penggunaan medium kontras. Proses pengambilan data HU dilakukan terhadap masing-masing 10 data pasien abdomen dan head dengan memotret perubahan nilai HU pada beberapa titik pembuluh darah sebelum dan sesudah diberikan medium kontras. Kemudian, pengambilan data NDT dilakukan dengan mencatat semua nilai *Computed Tomography Dose Index* ( $CTDI_{vol}$ ), dan *Dose Length Product* (DLP) terhadap 30 pasien abdomen dan 26 pasien head.

## 2.3 Analisis Data Nilai HU dan Penentuan Nilai Dosis Tipikal (NDT)

Metode analisis data yang akan digunakan adalah statistik deskriptif untuk mengetahui nilai rata rata, maksimum, serta minimum dari HU dan NDT. Selain itu, akan dilakukan uji independent sample t test untuk membandingkan perbedaan nilai data sebelum dan sesudah penggunaan medium kontras. Nilai HU dianalisis dengan mengamati perubahan nilai HU pada pasien pemeriksaan CT Scan abdomen dan head sebelum dan sesudah pemberian medium kontras. Selain itu, data yang diolah untuk mendapatkan NDT berupa data indikator dosis pada CT Scan yaitu data *Computed Tomography Dose Index* ( $CTDI_{vol}$ ) dan *Dose Length Product* (DLP). Nilai Dosis Tipikal pada dasarnya adalah cerminan bagaimana nilai  $CTDI_{vol}$  dan DLP pada pemeriksaan CT Scan.

Sesuai dengan rekomendasi standar nasional Nilai Dosis Tipikal didapatkan dengan menghitung nilai median. Jika jumlah data ganjil, median diperoleh dari nilai tengah setelah data diurutkan dari yang terkecil menggunakan Persamaan (1) dan (2). Sedangkan jika jumlah data genap, menggunakan Persamaan (3) dan (4).

Adapun untuk penentuan NDT digunakan persamaan,

$$N_{CTDI_{vol}} = \frac{CTDI_{vol_{ke-i(\frac{n+1}{2})}}}{2} \quad (1)$$

$$N_{DLP} = \frac{DLP_{ke-i(\frac{n+1}{2})}}{2} \quad (2)$$

$$N_{CTDI_{vol}} = \frac{CTDI_{vol_{ke-i(\frac{n}{2})}} + CTDI_{vol_{(\frac{n}{2}+1)}}}{2} \quad (3)$$

$$N_{DLP} = \frac{DLP_{ke-i(\frac{n}{2})} + DLP_{ke-i(\frac{n}{2}+1)}}{2} \quad (4)$$

Dengan, N = nilai dosis tipikal atau nilai tengah data

n = Jumlah data

$CTDI_{vol}$  ke-i(n/2) = nilai  $CTDI_{vol}$  yang ditunjukkan pada data ke-i(n/2)

$CTDI_{vol}$  ke-i(n/2+1) = nilai  $CTDI_{vol}$  yang ditunjukkan pada data ke-i(n/2+1)

DLP ke-i(n/2) = nilai DLP yang ditunjukkan pada data ke-i(n/2)

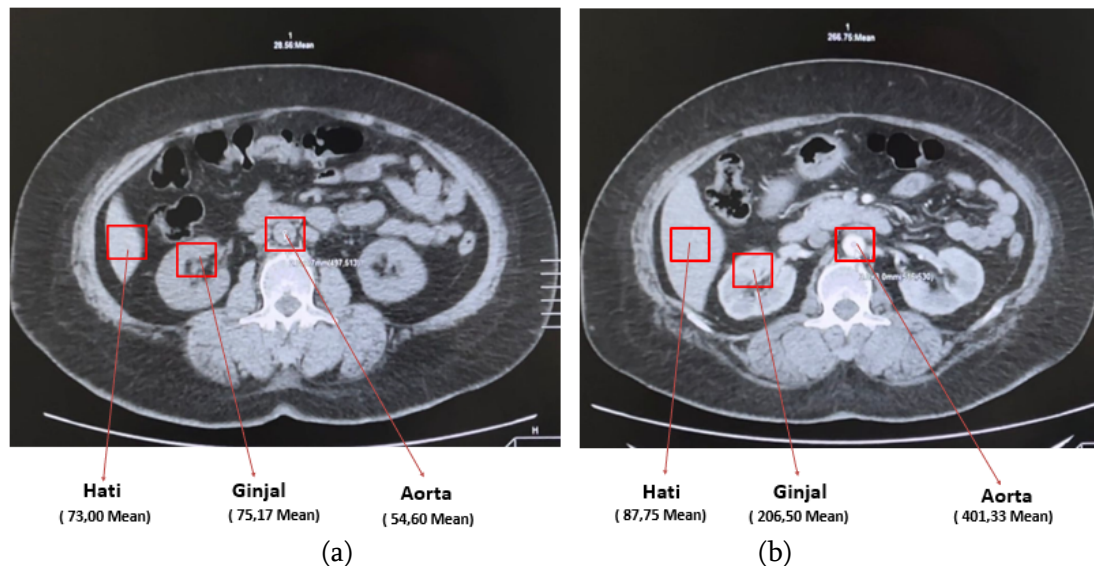
DLP ke-i(n/2+1) = nilai DLP yang ditunjukkan pada data ke-i(n/2+1)

## Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Data Pemeriksaan

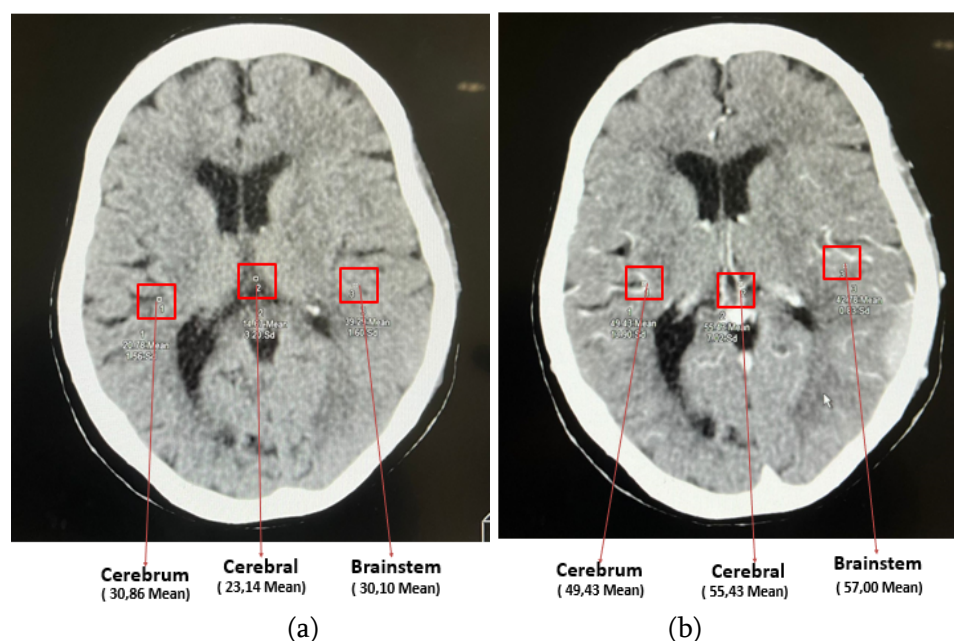
#### 3.1.1 Identifikasi Citra Abdomen dan Head

Penggunaan medium kontras pada pemeriksaan CT Scan abdomen dan head digunakan untuk memperjelas struktur *vascular* (pembuluh darah) yang tidak dapat dibedakan jelas dari jaringan parenkim tanpa kontras, serta untuk membedakan jaringan normal dengan jaringan patologis (misalnya tumor, abses, atau perdarahan).



Gambar 3 Perbandingan Citra Abdomen (a) Non-Kontras, (b) Kontras

Berdasarkan Gambar 3, pada hasil citra abdomen dapat dilihat perbedaan setelah penggunaan media kontras yang dapat memperjelas pembuluh darah abdomen dan perfusi organ seperti aorta, ginjal, dan hati yang tidak dapat terlihat dengan jelas pada citra non-kontras. Nilai HU pada aorta menunjukkan peningkatan yang signifikan yaitu dari 54,60 menjadi 401,33 dan pada ginjal nilai HU juga menunjukkan peningkatan yang signifikan yaitu dari 75,17 menjadi 206,50 yang menandakan aliran kontras dan perfusi jaringan berjalan normal (Khoirina et al., 2022). Namun, pada hati peningkatan HU hanya sedikit, yaitu dari 73,00 menjadi 87,75 yang dapat mengindikasikan kemungkinan kelainan perfusi atau lesi hipovaskular pada hati yang tidak akan tampak jelas tanpa bantuan media kontras (Kreul et al., 2021). Hal ini juga berlaku dengan semua pasien pemeriksaan CT Scan abdomen pada Tabel 1, dimana kelainan terjadi pada bagian jaringan yang peningkatan nilai HU-nya hanya sedikit.



Gambar 4 Perbandingan Citra Head (a) Non-Kontras (b) Kontras

Berdasarkan Gambar 4, pada hasil citra head dapat dilihat perbedaan setelah penggunaan media kontras yang dapat memperjelas struktur vaskular otak serta membedakan jaringan normal dan tidak norma. Nilai HU pada brainstem menunjukkan peningkatan HU yang signifikan setelah pemberian kontras yaitu dari 30,10 menjadi 57,00 dan pada cerebral nilai HU juga menunjukkan peningkatan yang signifikan yakni 23,14 menjadi 55,43 menandakan aliran darah normal dan vaskularisasi aktif (Fransson et al., 2021) . Namun, pada cerebrum peningkatan HU sangat sedikit yakni 30,86 menjadi 49,43 yang dapat menunjukkan adanya kemungkinan gangguan perfusi atau sirkulasi lambat di area batang otak, yang sulit dideteksi tanpa bantuan media kontras (Chung et al., 2023). Hal ini juga berlaku dengan semua pasien pemeriksaan CT Scan head pada Tabel 4, dimana kelainan terjadi pada bagian jaringan yang peningkatan nilai HU-nya hanya sedikit.

### *3.1.2 Karakteristik Jaringan Abdomen Kontras dan Non-Kontras*

Karakteristik jaringan di nilai berdasarkan nilai HU pada pemeriksaan CT Scan abdomen sebelum dan sesudah diberikan medium kontras, untuk mengevaluasi perubahan HU jaringan akibat medium kontras.

Tabel 1 *Nilai HU Abdomen.*

| Pasien | Aorta   |             | Ginjal  |             | Hati    |             |
|--------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
|        | Kontras | Non Kontras | Kontras | Non Kontras | Kontras | Non Kontras |
| 1      | 176,50  | 28,56       | 53,00   | 26,17       | 56,00   | 29,00       |
| 2      | 230,75  | 28,83       | 70,83   | 29,50       | 64,50   | 32,33       |
| 3      | 234,50  | 34,29       | 80,00   | 34,00       | 69,00   | 43,00       |
| 4      | 253,00  | 41,00       | 86,63   | 34,60       | 69,00   | 53,50       |
| 5      | 266,75  | 44,50       | 103,33  | 36,86       | 70,29   | 55,20       |
| 6      | 279,80  | 49,20       | 109,44  | 40,29       | 74,57   | 61,00       |
| 7      | 348,57  | 50,00       | 117,75  | 41,50       | 74,80   | 66,36       |
| 8      | 355,14  | 50,67       | 129,00  | 42,25       | 78,30   | 66,75       |
| 9      | 359,50  | 53,67       | 142,80  | 47,00       | 80,67   | 70,00       |
| 10     | 401,33  | 54,60       | 206,50  | 75,17       | 87,75   | 73,00       |

Hasil pengukuran nilai HU sebelum dan sesudah diberikan medium kontras pada tiga bagian pada organ abdomen yang menjadi titik pengukuran, yaitu aorta, ginjal, dan hati disajikan pada Tabel 1. Penggunaan bagian aorta, ginjal, dan hati dalam penelitian ini didasarkan pada peran penting organ-organ ini dalam distribusi dan penyerapan kontras. Aorta dipilih karena berfungsi sebagai pembuluh darah utama yang mengalirkan darah ke seluruh tubuh, sehingga menjadi indikator awal penyebaran medium kontras. Ginjal berperan dalam proses filtrasi dan ekskresi kontras, sehingga pengukuran HU pada ginjal membantu mengevaluasi fungsi ginjal dan penyerapan kontras. Sementara itu, hati memiliki fungsi metabolisme dan penyaringan darah, sehingga analisis HU pada hati dapat memberikan gambaran tentang perfusi darah dan penyerapan kontras di organ padat (Kamal et al., 2021).

Berdasarkan data nilai HU abdomen pada Tabel 1, diperoleh nilai rata-rata, maksimum dan minimum dari HU pemeriksaan CT Scan abdomen sebelum dan sesudah diberikan kontras yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Penyajian nilai statistik ini bertujuan untuk memperlihatkan perbandingan nilai HU antar pasien pada masing-masing organ setelah pemberian media kontras.

Tabel 2 *Statistik Nilai HU Abdomen Non-Kontras.*

|           | Aorta | Ginjal | Hati  |
|-----------|-------|--------|-------|
| Rata Rata | 43,53 | 40,73  | 55,01 |
| Minimum   | 28,56 | 26,17  | 29,00 |
| Maksimum  | 54,60 | 75,17  | 73,00 |

Berdasarkan data yang tertera pada Tabel 2, dapat dilihat nilai HU sebelum diberikan medium kontras pada bagian abdomen terdapat perubahan yang signifikan pada nilai HU di tiga titik yang diuji. Aorta menunjukkan nilai

rata-rata HU sebesar 43,53, pada ginjal sebesar 40,73, dan pada hati sebesar 55,01. Hal ini menunjukkan bahwa pada hati, nilai HU lebih tinggi dibandingkan dengan dua titik lainnya, yang mencerminkan perbedaan komposisi jaringan atau struktur anatomi yang terdeteksi di area tersebut (Octavia et al., 2024). Selanjutnya, nilai minimum HU tercatat pada aorta sebesar 28,56, ginjal sebesar 26,17, dan hati sebesar 29,00. Nilai minimum ini menggambarkan HU jaringan yang lebih rendah, yang mungkin berkaitan dengan area dengan komposisi jaringan yang lebih sedikit atau lebih cair (Mello et al., 2018). Di sisi lain, nilai maksimum HU pada aorta tercatat sebesar 54,60, pada ginjal sebesar 75,17, dan pada hati sebesar 73,00. Nilai maksimum ini mencerminkan adanya area dengan HU yang lebih tinggi, seperti jaringan padat atau organ dengan konsentrasi struktur yang lebih padat (Cansu et al., 2020)

*Tabel 3 Statistik Nilai HU Abdomen Kontras.*

|           | <b>Aorta</b> | <b>Ginjal</b> | <b>Hati</b> |
|-----------|--------------|---------------|-------------|
| Rata Rata | 290,58       | 109,93        | 72,49       |
| Minimum   | 176,50       | 53,00         | 56,00       |
| Maksimum  | 401,33       | 206,50        | 87,75       |

Berdasarkan data yang tertera pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa setelah diberikan medium kontras pada bagian abdomen terdapat perubahan yang signifikan pada nilai HU di tiga titik yang diuji. Aorta menunjukkan rata-rata HU yang relatif tinggi sebesar 290,58, dengan nilai minimum 176,50 dan nilai maksimum 401,33. Hal ini menunjukkan bahwa medium kontras memberikan peningkatan HU pada jaringan aorta, yang mungkin berhubungan dengan struktur yang lebih padat atau lebih terpengaruh oleh kontras (Ahn et al., 2024). Pada ginjal, rata-rata HU menurun secara signifikan menjadi 109,93, dengan nilai minimum 53,00 dan nilai maksimum 206,50. Peningkatan HU yang lebih rendah ini menunjukkan bahwa ginjal mungkin terpengaruh oleh kontras dalam bentuk yang lebih terbatas atau tidak sebanyak aorta. Hati menunjukkan rata-rata HU terendah sebesar 72,49, dengan nilai minimum 56,00 dan nilai maksimum 87,75, yang mengindikasikan bahwa efek kontras pada hati lebih sedikit atau tidak sejelas pada aorta dan ginjal. Secara keseluruhan, penambahan medium kontras mempengaruhi tingkat HU jaringan pada bagian abdomen pasien, yang tercermin pada perubahan nilai HU yang tercatat pada ketiga titik yang diuji. Hal ini memberikan gambaran tentang bagaimana medium kontras dapat meningkatkan visibilitas dan membedakan struktur jaringan yang ada di dalam tubuh (Lee et al., 2020).

### *3.1.3 Karakteristik Jaringan Head Kontras dan Non-Kontras*

Karakteristik jaringan dinilai berdasarkan nilai HU pada pemeriksaan CT Scan head sebelum dan sesudah diberikan medium kontras, untuk mengevaluasi perubahan HU jaringan akibat medium kontras.

*Tabel 4 Nilai HU Head.*

| <b>Pasien</b> | <b>Cerebrum</b> |                    | <b>Cerebral</b> |                    | <b>Brainstem</b> |                    |
|---------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|
|               | <b>Kontras</b>  | <b>Non Kontras</b> | <b>Kontras</b>  | <b>Non Kontras</b> | <b>Kontras</b>   | <b>Non Kontras</b> |
| 1             | 42,00           | 20,78              | 51,75           | 14,67              | 42,78            | 28,50              |
| 2             | 47,50           | 27,22              | 53,14           | 20,22              | 53,22            | 28,67              |
| 3             | 49,43           | 30,86              | 55,43           | 23,14              | 57,00            | 30,10              |
| 4             | 54,57           | 31,89              | 57,50           | 25,00              | 61,11            | 31,29              |
| 5             | 58,67           | 36,00              | 61,43           | 28,25              | 63,33            | 31,57              |
| 6             | 60,75           | 37,86              | 67,43           | 30,14              | 65,57            | 36,33              |
| 7             | 64,57           | 38,29              | 71,25           | 33,86              | 65,75            | 39,29              |
| 8             | 78,00           | 40,25              | 76,71           | 35,42              | 68,89            | 40,00              |
| 9             | 82,14           | 41,75              | 82,25           | 42,25              | 76,14            | 43,00              |
| 10            | 83,80           | 48,00              | 84,25           | 54,00              | 122,67           | 51,00              |

Hasil pengukuran nilai HU sebelum dan sesudah diberikan medium kontras pada tiga bagian head yang menjadi titik pengukuran, yaitu cerebrum, cerebral, dan brainstem disajikan pada Tabel 4. Penggunaan bagian cerebrum, cerebral, dan brainstem dalam penelitian ini dipilih karena ketiganya merupakan area utama otak yang memiliki karakteristik jaringan berbeda dan sensitif terhadap perubahan HU. Cerebrum yang berperan untuk mengatur dan mengoordinasikan berbagai aktivitas otak memiliki struktur jaringan yang lebih padat, sehingga dapat digunakan untuk membandingkan perbedaan penyerapan kontras. Cerebral dipilih karena merupakan lapisan luar otak yang memiliki HU khas sehingga mempermudah kalibrasi nilai HU. Sementara itu, brainstem berperan sebagai penghubung utama antara otak dan sumsum tulang belakang, dipilih karena posisinya yang dalam dan dekat dengan pembuluh darah besar, sehingga penting untuk mengevaluasi distribusi medium kontras di area tersebut (Mishra et al., 2016).

Berdasarkan data nilai HU head pada Tabel 4, diperoleh nilai rata-rata, maksimum dan minimum dari HU pemeriksaan CT Scan head sebelum dan sesudah diberikan kontras yang disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6. Penyajian nilai statistik ini bertujuan untuk memperlihatkan perbandingan nilai HU antar pasien pada masing-masing jaringan setelah pemberian media kontras.

*Tabel 5 Statistik Nilai HU Head Non-Kontras.*

|           | <b>Cerebrum</b> | <b>Cerebral</b> | <b>Brainstem</b> |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------|
| Rata Rata | 35,29           | 30,70           | 35,98            |
| Minimum   | 20,78           | 14,67           | 28,50            |
| Maksimum  | 48,00           | 54,00           | 51,00            |

Berdasarkan data yang tertera pada Tabel 5, dapat dianalisis nilai HU head sebelum pemberian media kontras. Rata-rata nilai HU pada cerebrum adalah 35,29, cerebral sebesar 30,70, dan brainstem sebesar 35,98. Nilai rata-rata ini menunjukkan distribusi tingkat kepadatan jaringan di area head pasien sebelum pemberian kontras, yang merefleksikan tingkat HU dari struktur jaringan otak dan sekitarnya (Adi et al., 2024). Adapun nilai minimum pada cerebrum tercatat sebesar 20,78, cerebral sebesar 14,67, dan cerebrum sebesar 28,50. Nilai minimum ini menunjukkan adanya variasi yang cukup lebar pada kepadatan jaringan pada masing-masing jaringan, yang bisa disebabkan oleh perbedaan komposisi jaringan otak, cairan serebrospinal, atau struktur lainnya di area head pasien. Hal ini menunjukkan keragaman dalam kepadatan jaringan pada area yang diobservasi (Alvaro et al., 2024). Sementara itu, nilai maksimum pada cerebrum sebesar 48,00, cerebral sebesar 54,00, dan brainstem sebesar 51,00. Nilai maksimum ini menggambarkan daerah dengan HU jaringan yang lebih tinggi, yang dapat mencakup struktur seperti tulang tengkorak atau jaringan dengan kepadatan yang lebih besar. Perbedaan antara nilai minimum dan maksimum di setiap titik mencerminkan variabilitas anatomi dan komposisi jaringan Head pasien (Adi et al., 2024).

*Tabel 6 Statistik Nilai HU Head Kontras.*

|           | <b>Cerebrum</b> | <b>Cerebral</b> | <b>Brainstem</b> |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------|
| Rata Rata | 62,14           | 66,11           | 67,65            |
| Minimum   | 42,00           | 51,75           | 42,78            |
| Maksimum  | 83,80           | 84,25           | 12,67            |

Berdasarkan data yang tertera pada Tabel 6, dapat dianalisis nilai HU head setelah pemberian media kontras. Cerebrum memiliki nilai HU rata-rata terendah sebesar 62,14 dengan nilai minimum sebesar 42,00 dan maksimum sebesar 83,80, yang menunjukkan kemungkinan konsentrasi kontras yang lebih rendah atau distribusi yang lebih merata di area tersebut. Sementara itu, pada cerebral rata-rata HU meningkat menjadi 66,11 dengan nilai minimum sebesar 51,75 dan maksimum sebesar 84,25, yang dapat menunjukkan peningkatan penyerapan kontras akibat faktor seperti aliran darah yang lebih besar atau perbedaan kepadatan jaringan (Roberts et al., 2002). Brainstem memiliki rata-rata HU tertinggi yaitu 67,65 dengan nilai minimum sebesar 42,78 dan nilai maksimum sebesar 12,67 yang menandakan adanya akumulasi kontras yang lebih tinggi yang disebabkan oleh keberadaan struktur jaringan yang lebih padat.

### 3.2 Hasil Uji Banding Nilai HU

#### 3.2.1 Abdomen Kontras dan Non-Kontras

Uji *Independent Sample t test* dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai HU pada pemeriksaan CT Scan Abdomen sebelum dan sesudah diberikan medium kontras.

Tabel 7 *Independent sample t test Abdomen.*

|        | <b>95% Confidence Interval of the Difference</b> |              |
|--------|--------------------------------------------------|--------------|
|        | <b>Lower</b>                                     | <b>Upper</b> |
| Aorta  | 198,91                                           | 295,20       |
| Ginjal | 38,87                                            | 99,52        |
| Hati   | 5,56                                             | 29,39        |

Berdasarkan data nilai HU dari CT Scan abdomen pada Tabel 7, terlihat adanya peningkatan HU setelah pemberian kontras pada tiga titik pengukuran yaitu aorta, hati, dan ginjal. Aorta memiliki nilai *Confidence Interval* (CI) 95% sebesar 198,91 hingga 295,20, ginjal memiliki CI sebesar 38,87 hingga 99,52, dan hati memiliki CI sebesar 5,56 hingga 29,39. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Du Prel et al. (2009) jika seluruh rentang nilai CI tidak mencakup angka nol, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara ketiga titik pengukuran tersebut.

#### 3.2.2 Head Kontras dan Non-kontras

Uji *Independent sample t test* dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai HU pada pemeriksaan CT Scan head sebelum dan sesudah pemberian medium kontras.

Tabel 8 *Independent sample t test Head.*

|           | <b>95% Confidence Interval of the Difference</b> |              |
|-----------|--------------------------------------------------|--------------|
|           | <b>Lower</b>                                     | <b>Upper</b> |
| Cerebrum  | 15,71                                            | 37,99        |
| Cerebral  | 24,38                                            | 46,46        |
| Brainstem | 16,65                                            | 46,69        |

Berdasarkan data nilai HU dari CT scan head pada Tabel 8, terlihat adanya peningkatan HU setelah pemberian kontras pada tiga titik pengukuran yaitu cerebrum, cerebral, dan brainstem. Cerebrum memiliki rentang *Confidence Interval* (CI) 95% sebesar 15,71 hingga 37,99, cerebral memiliki CI sebesar 24,38 hingga 46,46, dan brainstem memiliki CI sebesar 16,65 hingga 46,69. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Du Prel et al. (2009) jika seluruh nilai CI tidak mencakup angka 0, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara ketiga titik pengukuran tersebut.

### 3.3 Hasil Nilai Dosis Tipikal (NDT)

Penentuan NDT dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata dosis radiasi yang diterima pasien pada pemeriksaan CT Scan Abdomen dan Head, serta sebagai acuan evaluasi apakah dosis yang diberikan masih berada dalam batas wajar sesuai standar proteksi radiasi dengan memastikan bahwa dosis radiasi yang diberikan cukup untuk menghasilkan gambar diagnostik yang berkualitas, namun tetap serendah mungkin agar tidak membahayakan pasien (BAPETEN., 2021).

Berdasarkan data dosis pasien pada CT Scan abdomen dan head, diperoleh nilai dosis tipikal melalui perhitungan median menggunakan Persamaan (1) dan (2) untuk data ganjil dan Persamaan (3) dan (4) untuk data genap. Nilai dosis tipikal untuk CTDIVol dan DLP pada setiap pemeriksaan ditampilkan pada Tabel 9.

Berdasarkan Tabel 9, NDT untuk setiap jenis pemeriksaan pasien CT Scan abdomen dan head terdapat variasi signifikan dalam tingkat paparan radiasi yang diterima pasien bergantung pada jenis pemeriksaan yang dilakukan. Pada pemeriksaan CT Scan abdomen, nilai dosis tipikal CTDI<sub>vol</sub> yang tercatat adalah 5,05 mGy, dengan nilai dosis tipikal

DLP sebesar 118,13 mGy.cm. Nilai ini menunjukkan bahwa paparan radiasi yang diterima pasien dalam pemeriksaan abdomen relatif rendah dibandingkan dengan jenis pemeriksaan head. Sementara itu, pada pemeriksaan CT Scan head, nilai dosis tipikal  $CTDI_{vol}$  jauh lebih tinggi, yakni 49,35 mGy, dengan nilai dosis tipikal DLP sebesar 1.108,30 mGy.cm. Perbedaan ini mencerminkan bahwa pemeriksaan head menggunakan teknik pencitraan dengan dosis radiasi yang lebih tinggi, sejalan dengan kebutuhan pencitraan struktur anatomis head yang lebih kompleks dan memerlukan resolusi tinggi untuk diagnosis yang lebih akurat.

Tabel 9 Hasil Perhitungan NDT pada Setiap Pemeriksaan.

| No. | Jenis Pemeriksaan | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) |
|-----|-------------------|--------------------|--------------|
| 1.  | CT Scan Abdomen   | 5,05               | 118,13       |
| 2.  | CT Scan Head      | 49,35              | 1.108,30     |

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Prabsattroo et al. (2023) perbedaan nilai dosis pada abdomen dan head dapat disebabkan oleh kebutuhan teknik pencitraan yang berbeda, di mana pencitraan head memerlukan resolusi spasial tinggi untuk mendeteksi struktur otak dan kelainan neurologis secara detail, sehingga memerlukan dosis yang lebih besar. Hal ini konsisten dengan data BAPETEN (2021), yang menetapkan DRL nasional berdasarkan 75% percentile nilai  $CTDI_{vol}$  dan DLP untuk pemeriksaan CT Scan abdomen dewasa. Dimana, nilai  $CTDI_{vol}$  abdomen sekitar 17 mGy dan DLP sekitar 885 mGy.cm, sedangkan untuk pemeriksaan CT Scan head nilai  $CTDI_{vol}$  mencapai sekitar 60 mGy dan DLP sekitar 2.500 mGy.cm.

Studi di Indonesia oleh Siregar et.al (2020), menggunakan data Si-INTAN mencatat DRL lokal CT Scan abdomen dengan  $CTDI_{vol}$  sebesar 19,35 mGy dan DLP sebesar 3968 mGy.cm, serta CT Scan head dengan  $CTDI_{vol}$  sebesar 31,92 mGy dan DLP sebesar 1732,8 mGy.cm, nilai-nilai ini menunjukkan tren dosis yang lebih tinggi pada head namun tetap di bawah DRL nasional. Kemudian, data institusional di Rumah Sakit Denpasar Mamun et al. (2024), melaporkan  $CTDI_{vol}$  head kontras rata-rata sekitar 60 mGy dan DLP hingga 2.500 mGy.cm, nilai ini sejalan dengan DRL BAPETEN untuk head CT sebagaimana dijelaskan pada DRL BAPETEN 2021. Selain itu, studi internasional Atli et al. (2021) melaporkan nilai median  $CTDI_{vol}$  head sebesar 53 mGy dan DLP sebesar 988 mGy.cm, dan abdomen CT sekitar  $CTDI_{vol}$  8,6 mGy dan DLP sekitar 457 mGy.cm, yang memperkuat observasi bahwa dosis head memang jauh lebih tinggi dibanding abdomen karena kebutuhan resolusi spasial dan kompleksitas anatomi otak.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih pada pihak RS Pelamonia khususnya petugas instalasi radiologi yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian ini, sehingga kontribusi untuk keselamatan dan keamanan radiasi serta optimasi prosedur pemeriksaan dapat dijadikan rujukan terutama untuk pasien CT Scan yang menggunakan medium kontras.

### Kesimpulan

Penggunaan media kontras dalam pemeriksaan CT-Scan terbukti meningkatkan kualitas citra diagnostik, baik pada area abdomen maupun head. Peningkatan nilai *Hounsfield Unit* (HU) setelah pemberian kontras mencerminkan kemampuan media kontras dalam memperjelas struktur anatomi, khususnya pembuluh darah dan jaringan yang mengalami perfusi. Secara umum, sebelum diberikan kontras, nilai HU cenderung lebih rendah dan struktur jaringan tampak kurang jelas. Setelah pemberian kontras, terjadi peningkatan densitas yang signifikan pada citra, menjadikan perbedaan antar jaringan lebih kontras dan mudah diidentifikasi.

Namun demikian, peningkatan kualitas citra ini juga diikuti dengan peningkatan dosis radiasi, seperti tercermin dari naiknya nilai dosis tipikal (NDT) seperti  $CTDI_{vol}$  dan DLP. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan media kontras memiliki implikasi terhadap keselamatan pasien dalam hal paparan radiasi. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya pengaturan parameter pemeriksaan CT secara optimal agar manfaat diagnostik dari penggunaan media kontras tetap maksimal, tanpa mengorbankan prinsip keselamatan radiasi. Pendekatan yang seimbang antara kualitas citra dan dosis radiasi menjadi kunci dalam pelaksanaan prosedur CT Scan yang efektif dan aman.

### Referensi

- Adi, E. P., Sholeh, A. S., Ardenti, D. D., & Pratiwi, U. (2024). PENGARUH PENAMBAHAN MEDIA KONTRAS TERHADAP KUALITAS CITRA CT SCAN KEPALA PASIEN TUMOR OTAK. *Jurnal Ilmu Fisika dan Terapannya*, 11(2), 24-32.
- Alvaro-Heredia, J. A., Rodríguez-Hernández, L. A., Rodríguez-Rubio, H. A., Alvaro-Heredia, I., Mondragon-Soto, M. G., Rodríguez-Hernández, I. A., & Jiménez, S. M. (2024). Diagnostic Algorithm for Intracranial Lesions in the Emergency Department: Effectiveness of the Relative Brain Volume and Hounsfield Unit Value Measured by Perfusion Tomography. *Cureus*, 16(6).

- Ahn, T. R., Lee, J. H., & Lee, J. (2024). Effect of contrast media on CT bone density assessment: comparative analysis of low-dose chest CT and abdominopelvic CT. *Scientific Reports*, 14(1), 28378.
- Atli, E., Uyanık, S. A., Ögüşlü, U., Cenkeri, H. Ç., Yılmaz, B., & Gümüş, B. (2020). Radiation doses from head, neck, chest and abdominal CT examinations: an institutional dose report. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 27(1), 147.
- BAPETEN, 2021, Pedoman Teknis Penerapan Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (Indonesian Diagnostic Reference Level), <https://www.bapeten.go.id/upload/53/821c8e0cf1-pedoman-penerapan-tingkat-panduan-diagnostik-indonesia2021.pdf>.
- Chung, K. J., De Sarno, D., & Lee, T. Y. (2023). Quantitative functional imaging with CT perfusion: technical considerations, kinetic modeling, and applications. *Frontiers in Physics*, 11, 1246973.
- Cansu, A., Atasoy, D., Eyüboğlu, İ. L. K. E. R., & Karkucak, M. (2020). Diagnostic efficacy of routine contrast-enhanced abdominal CT for the assessment of osteoporosis in the Turkish population. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 50(1), 110-116.
- Desviana, D., Safitri, R., & Syahreza, S. (2018). Ct Scan Lung Tumors Identification Image by Varying The Value of Strong and Weak Edges Based on Canny Edge Detection Algorithm. *Journal of Aceh Physics Society*, 7(2), 61-66.
- Du Prel, J. B., Hommel, G., Röhrig, B., & Blettner, M. (2009). Confidence interval or p-value? Part 4 of a series on evaluation of scientific publications. *Deutsches Ärzteblatt International*, 106(19), 335.
- Faisal, M., Juliantara, I. P. E., & Saputra, E. S. (2023). Prosedur Pemeriksaan CT-Scan Angiography (CTA) Upper Ekstremitas Pada Kasus Pseudoaneurisma Arteri Subclavia Kanan Di Rumah Sakit Primaya Tangerang. *JURNAL RISET RUMPUN ILMU KESEHATAN*, 2(2), 49-57.
- Fransson, V., Mellander, H., Wasselius, J., & Ydström, K. (2021). Detection of Perfusion Deficits in Multiphase Computed Tomography Angiography—A Stroke Imaging Technique Based on Iodine Mapping on Spectral Computed Tomography: Initial Findings. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 45(4), 618-624.
- Garba, I., Zarb, F., McEntee, M. F., & Fabri, S. G. (2021). Computed tomography diagnostic reference levels for adult brain, chest and abdominal examinations: A systematic review. *Radiography*, 27(2), 673-681.
- Khoirina, N. I., Kartikasari, Y., & Sudiyono. (2022). Perbedaan kualitas citra anatomis pemeriksaan computed tomography angiography (CTA) aorta abdominalis dengan variasi nilai threshold. *Jurnal Riset Kesehatan*, 13(1).
- Kreul, D. A., Kubik-Huch, R. A., Froehlich, J., Thali, M. J., & Niemann, T. (2021). Spectral properties of abdominal tissues on dual-energy computed tomography and the effects of contrast agent. *in vivo*, 35(6), 3277-3287.
- Kamal, R., Thaper, D., Kumar, R., Singh, G., Yadav, H. P., Oinam, A. S., ... & Sharma, H. (2021). Dosimetric impact of contrast-enhanced 4d computed tomography for stereotactic body radiation therapy of hepatocellular carcinoma. *reports of practical Oncology and radiotherapy*, 26(4), 598-604.
- Lee, H. W., Ha, H. I., Park, S. Y., & Lim, H. K. (2020). Reliability of 3D image analysis and influence of contrast medium administration on measurement of Hounsfield unit values of the proximal femur. *Plos one*, 15(10), 0241012.
- Mello-Amoedo, C. D. D., Martins, A. N., Tachibana, A., Pinho, D. F., & Baroni, R. H. (2018). Comparison of radiation dose and image quality of abdominopelvic CT using iterative (AIDR 3D) and conventional reconstructions. *American Journal of Roentgenology*, 210(1), 127-133.
- Mamun, J. T., Astina, K. Y., & Diartama, A. A. (2024). Analisis Dosis Efektif Pada Pemeriksaan CT-SCAN Head Kontras di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Surya Husadha Denpasar. *USADA NUSANTARA: Jurnal Kesehatan Tradisional*, 2(1).
- Mishra, D., Ghimire, RK, Chand, RB, Thapa, N., & Panta, OB (2016). Evaluasi Unit Hounsfield pada struktur otak orang dewasa dengan CT. *Jurnal Institut Kedokteran Nepal*, 38 (1), 70-75.
- Noveranty, A., Purwaningsih, S., & Fendriani, Y. (2024). Analisis pengaruh variasi faktor eksposi pada CT scan terhadap kualitas citra dan dosis radiasi pada pemeriksaan abdomen. *Journal Online of Physics*, 9(3), 53–59.
- Octavia, A. R., Jeniyanthi, N. P. R., & Sukadana, I. K. (2024). Analisis Pemeriksaan CT Scan Abdomen Dengan Kontras Pada Klinis Ileus Obstruktif di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar. *Journal of Educational Innovation and Public Health*, 2(1), 123-135.
- Oh, J. H., Choi, S. P., Wee, J. H., & Park, J. H. (2019). Inter-scanner variability in Hounsfield unit measured by CT of the brain and effect on gray-to-white matter ratio. *The American journal of emergency medicine*, 37(4), 680-684.
- Ohira, S., Mochizuki, J., Niwa, T., Endo, K., Minamitani, M., Yamashita, H., ... & Nakagawa, K. (2024). Variation in Hounsfield unit calculated using dual-energy computed tomography: comparison of dual-layer, dual-source, and fast kilovoltage switching technique. *Radiological Physics and Technology*, 17(2), 458-466.
- Prabsattroo, T., Wachirasirikul, K., Tansangworn, P., Punikhom, P., & Sudchai, W. (2023). The dose optimization and evaluation of image quality in the adult brain protocols of multi-slice computed tomography: a phantom study. *Journal of Imaging*, 9(12), 264.
- Roberts, H. C., Roberts, T. P., Lee, T. Y., & Dillon, W. P. (2002). Dynamic, contrast-enhanced CT of human brain tumors: quantitative assessment of blood volume, blood flow, and microvascular permeability: report of two cases. *American journal of neuroradiology*, 23(5), 828-832.
- Siregar, E. S., Sutapa, G. N., & Sudarsana, I. W. B. (2020). Analysis of radiation dose of patients on CT scan examination using Si-INTAN application. *Buletin Fisika*, 21(2), 53.