

## Analisis Kontur Isodosis Radiasi pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas

Muhammad Ivana Harika Putra<sup>1</sup>, Rico Adrial<sup>1,\*</sup>, Amel Oktavia S<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

<sup>2</sup>Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Universitas Andalas, Limau Manis, Padang, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 08 Desember 2022  
Direvisi: 27 Desember 2022  
Diterima: 08 Januari 2023

#### Kata kunci:

kontur isodosis radiasi  
laju dosis radiasi  
sinar-X  
software surfer  
surveymeter

#### Keywords:

radiation isodose contour  
radiation dose rate  
X-ray  
surfer software  
surveymeter

#### Penulis Korespondensi:

Rico Adrial  
Email: [ricoadrial@sci.unand.ac.id](mailto:ricoadrial@sci.unand.ac.id)

### ABSTRAK

Telah dilakukan analisis kontur isodosis radiasi dari pesawat sinar-X di instalasi radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas menggunakan *software surfer*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran sebaran laju dosis radiasi pada jarak dan ketinggian yang berbeda agar pekerja radiasi dapat mengetahui titik aman bagi pekerja. Pengukuran radiasi dilakukan menggunakan *surveymeter fluke* pada 9 titik pengukuran dengan 3 variasi ketinggian yang berbeda. Pengambilan data dimulai dengan mengukur radiasi latar kemudian laju dosis radiasi sesaat dan 20 s setelah pesawat sinar-X dipaparkan. Pengolahan data dimulai dengan menghitung laju dosis radiasi sebenarnya yang selanjutnya dibuat dalam kontur isodosis radiasi menggunakan *software surfer* dengan cara menginterpolasi data yang tidak beraturan menjadi bentuk *grid* data teratur yang dipisahkan garis-garis dengan rentang nilai yang sama. Hasil perhitungan menunjukkan laju dosis radiasi tertinggi saat pesawat sinar-X dipaparkan 0,9 mSv/jam dan turun menjadi 0,002 mSv/jam setelah 20 s dipaparkan. Perubahan nilai paparan yang terlihat pada kontur menunjukkan terjadinya perubahan kontur dimana sebaran laju dosis radiasi tertinggi berada pada ketinggian 1,5 m saat pesawat sinar-X dipaparkan dan pada ketinggian 1,0 m setelah pesawat sinar-X dipaparkan selama 20 s.

*The contour analysis of radiation isodose from an X-ray plane in the radiology installation of Andalas University Hospital has been carried out using surfer software. This study aims to get an overview of the distribution of radiation dose rates at different distances and heights so that radiation workers can find out safe points for workers. Radiation measurements were made using a Fluke surveymeter at nine measurement points with three different height variations. Data collection begins with measuring background radiation and then determining the radiation dose rate shortly and 20 s after the X-ray plane is exposed. Data processing begins with calculating the actual radiation dose rate, which is then made in the radiation isodose contour using surfer software by interpolating irregular data into a regular data grid shape separated by lines with the same value range. The calculation results show that the highest radiation dose rate when the X-ray plane is exposed is 0.7643 mSv/hour and drops to 0.00196 mSv/hour after 20 s of exposure. The change in exposure value seen in the contour shows a change in the contour where the highest radiation dose rate distribution is at the height of 1.5 m when the X-ray plane is exposed and at the height of 1,0 m after the X-ray plane is exposed for 20 s.*

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Pada bidang kesehatan penggunaan radiasi pengion salah satunya sinar-X sudah umum dilakukan, baik dalam bidang radioterapi maupun radiodiagnostik. Radiasi sinar-X selain memberikan manfaat bagi dunia kesehatan, juga berpotensi memberikan efek yang merugikan bagi pekerja radiasi, pasien, masyarakat maupun lingkungan jika berlebihan (IAEA No. 39, 2006). Efek negatif yang ditimbulkan oleh radiasi dapat dikendalikan dengan memperhatikan prinsip dasar proteksi radiasi dan keselamatan radiasi. Prinsip dasar proteksi radiasi meliputi penentuan jarak, *shielding*, dan waktu paparan yang berfungsi untuk membatasi dosis yang diterima oleh pekerja radiasi, pasien, maupun masyarakat. Sedangkan keselamatan radiasi bertujuan untuk melindungi pekerja radiasi dan pasien dari efek stokastik maupun efek deterministik.

Proteksi radiasi tidak hanya berhubungan dengan pasien, pekerja radiasi, masyarakat dan lingkungan tetapi juga berkaitan dengan bentuk dan struktur dari ruangan pemeriksaan radiasi. Ruang pemeriksaan di instalasi radiologi harus dibangun dengan memenuhi persyaratan proteksi radiasi yang terdapat dalam IAEA *Safety Report Series* (SRS) No. 39. Hal ini bertujuan untuk mengurangi radiasi yang diterima pekerja, pasien, dan masyarakat, serta meningkatkan standar proteksi radiasi di instalasi radiologi. Sebaran radiasi di instalasi radiologi dapat diketahui dengan membuat peta sebaran radiasi berupa kontur isodosis radiasi.

Pembuatan kurva isodosis pada pemeriksaan instalasi radiologi RSUD Kabupaten Kolaka dilakukan oleh Syahria (2012) menunjukkan adanya penurunan jumlah paparan radiasi hambur dengan pertambahan jarak, dengan laju paparan tertinggi berada pada jarak 1,0 m di bagian depan dan samping tabung sinar-X yang bernilai 0,1039 Rem/jam dan untuk nilai terendah berada pada jarak 2,0 m yang berada di belakang tabung sinar-X dengan nilai 0,0806 Rem/jam. Pada penelitian ini didapatkan batas waktu maksimum yang diperkenankan bagi seorang pekerja radiasi untuk berada dalam ruang pemeriksaan yang berkisar antara 7 hingga 10 menit dalam sehari. Penelitian serupa telah dilakukan oleh Anggarini (2014) untuk melihat pengaruh sebaran radiasi hambur di sekitar pesawat sinar-X pada pemeriksaan tomografi ginjal yang dibuat dalam bentuk kontur isodosis radiasi. Berdasarkan kontur isodosis radiasi yang didapatkan nilai radiasi hambur terbesar berada di depan tabung sinar-X pada jarak 50 cm dengan nilai 114,04  $\mu\text{Gy}$ , sedangkan nilai radiasi hambur terkecil berada pada jarak 150 dengan nilai 2,42  $\mu\text{Gy}$ . Penelitian lain telah dikembangkan oleh Tulfala (2020) dengan menambahkan parameter perbedaan ketinggian pengukuran. Hasil yang didapatkan berupa hubungan antara dosis radiasi dengan jarak, di mana dosis tertinggi berada pada jarak 1,0 m dari pesawat sinar-X dengan rentang nilai 0,001-0,0008 mSv dan dosis terendah berada pada jarak 3,0 m dengan dosis 0 mSv. Berdasarkan kontur kurva isodosis didapatkan sebaran radiasi lebih besar pada ketinggian 1,113 m dibanding 1,613 m.

Pada instalasi radioterapi penelitian serupa pernah dilakukan oleh Aprilia (2018) untuk memberikan informasi kepada pekerja radiasi mengenai daerah aman di dalam ruang terapi yang dibuat dalam bentuk kontur isodosis radiasi. Hasil penelitian menunjukkan gantry pada sudut  $0^\circ$  dan  $270^\circ$  merupakan daerah aman bagi pekerja radiasi dengan nilai 7,2  $\mu\text{Sv/jam}$  dan 9,6  $\mu\text{Sv/jam}$ , sedangkan gantry pada sudut  $90^\circ$  tidak memiliki titik aman bagi pekerja radiasi. Penelitian lain telah dikembangkan oleh Simarmata (2020) yang menguji laju dosis radiasi di sekitar instalasi radioterapi RSUD Arifin Achmad Pekanbaru menggunakan *surveymeter*. Penelitian ini mengukur radiasi yang dihasilkan oleh pesawat *Linear Accelerator* (LINAC) dimana laju dosis tertinggi terdapat pada jarak 0,5 m dengan nilai 0,55  $\mu\text{Sv/jam}$  dan untuk nilai terendah terdapat pada jarak 1,0 m pada gantry  $90^\circ$  dengan nilai 0,16  $\mu\text{Sv/jam}$ . Interval dosis radiasi yang diterima pekerja dengan masa kerja selama 20 hari adalah 0,92-3,23 mSv, dengan begitu laju dosis radiasi yang tersebar di sekitaran instalasi radioterapi masih berada pada batas aman sesuai dengan NBD yang ditetapkan dalam Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2011.

Rumah Sakit Universitas Andalas merupakan salah satu rumah sakit terbesar di Kota Padang, yang memiliki instalasi radioterapi dan instalasi radiologi dengan intensitas pemakaian cukup tinggi. Pada penelitian ini, peneliti melakukan pengukuran laju dosis radiasi menggunakan *surveymeter fluke*. *Surveymeter fluke* memiliki kehandalan untuk mendeteksi dan mengukur besarnya tingkat radiasi eksternal dari berbagai sumber radiasi baik dalam dosis tinggi maupun rendah. Sebaran laju dosis radiasi dari penggunaan alat pesawat sinar-X diproyeksikan dalam bentuk peta kontur isodosis radiasi menggunakan *software surfer*. *Software surfer* sering digunakan untuk membuat peta kontur yang

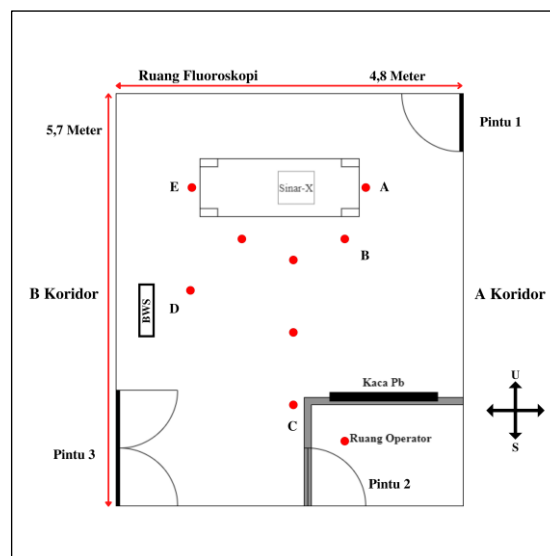
dapat menampilkan kesamaan elevasi, kesamaan kualitas, kesamaan tekanan, kesamaan dosis, dan lain sebagainya. Peta kontur isodosis radiasi memperlihatkan karakteristik sebaran radiasi berdasarkan tingkatan warna. Daerah dengan nilai sebaran isodosis akan memiliki warna yang sama. Gambaran peta kontur diharapkan dapat membantu pekerja saat terjadi keadaan yang membutuhkan tindakan langsung pada alat pesawat sinar-X, saat alat beroperasi.

## II. METODE

### 2.1 Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan di instalasi radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas Kota Padang dan Laboratorium Fisika Lanjut Departemen Fisika Universitas Andalas. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu pesawat sinar-X merek *Siemens AG* model *Multix Fusion Digital Wireless*, *surveymeter fluke 451P-DE-SI-RYR*- Sn. 3135, fantom, man, dan *software surfer*.

Tahap-tahap pengambilan data dimulai dengan menentukan titik pengukuran (Gambar 1) yang dilambangkan dengan huruf A (1,0 m), B (1,0 m), C (1,0 m, 2,0 m, 3,0 m), D (1,0 m, 2,0 m), E (1,4 m), dan Ruang operator (3,5 m). Titik pengukuran selanjutnya divariasikan dalam 3 ketinggian yang berbeda yaitu 0,5 m, 1,0 m, dan 1,5 m. Pengambilan data dilakukan saat pesawat sinar-X dipaparkan dan 20 s setelahnya, sehingga terdapat 54 titik pengukuran. Faktor eksposi dari pesawat sinar-X diatur pada tegangan 60 kV dan arus waktu 8 mAs, dengan jarak antara fantom dan kolimator adalah 100 cm. Selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan mengukur laju dosis radiasi latar terlebih dahulu, kemudian dilakukan pengukuran laju dosis radiasi saat pesawat sinar-X dipaparkan dan 20 s setelah dipaparkan.



Gambar 1 Denah ruang sinar-X dan titik-titik pengambilan data (titik merah)

### 2.2 Pengolahan Data

Laju dosis radiasi yang didapatkan dari hasil pembacaan *surveymeter*, selanjutnya diolah menggunakan persamaan 1 untuk mendapatkan nilai laju dosis radiasi sebenarnya ( $\dot{D}_S$ ) pada setiap titik pengukuran, dimana laju dosis radiasi sebenarnya didapatkan dari pengurangan laju dosis radiasi yang terbaca pada *surveymeter* ( $\dot{D}_U$ ) dengan radiasi latar ( $\dot{D}_{Bg}$ ) dan dikalikan dengan faktor bobot radiasi ( $F_K$ ).

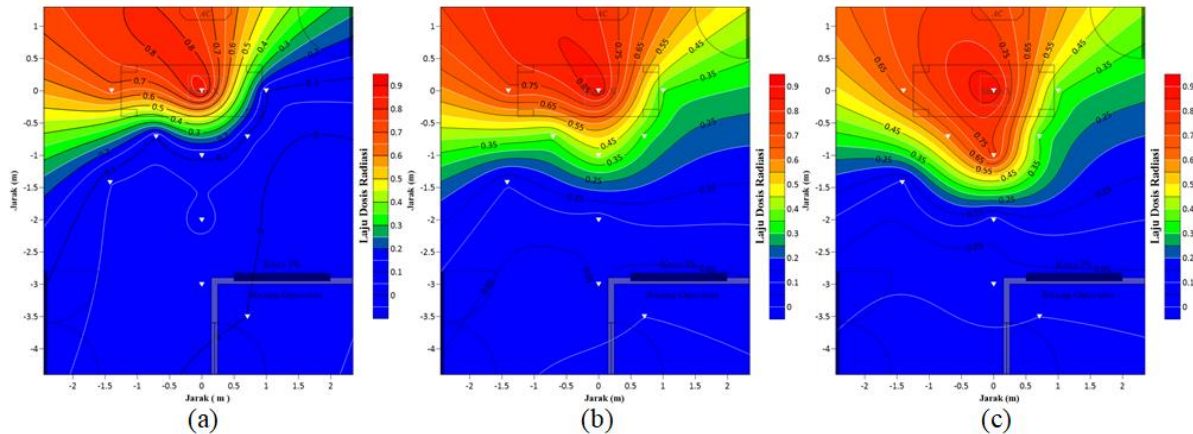
$$(\dot{D}_S) = (\dot{D}_U - \dot{D}_{Bg}) \times F_K \quad (1)$$

Laju dosis radiasi yang diperoleh dari pengolahan data, selanjutnya diproyeksikan dalam bentuk pemetaan kontur isodosis radiasi dengan menggunakan *software surfer*. Hal ini dilakukan pada masing-masing ketinggian sebaran laju dosis radiasi saat pesawat sinar-X dipaparkan dan 20 s setelah dipaparkan, sehingga didapatkan 6 peta kontur isodosis radiasi.

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Kontur Isodosis Radiasi saat Pesawat Sinar-X dipaparkan

Laju dosis radiasi saat pesawat sinar-X dipaparkan berkisar antara 0-0,9 mSv/jam. Laju dosis radiasi pada masing-masing ketinggian diproyeksikan dalam kontur isodosis radiasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Kontur isodosis radiasi (a) Ketinggian 0,5 m (b) Ketinggian 1,0 m (c) Ketinggian 1,5 m

Berdasarkan kontur isodosis radiasi pada Gambar 2, terlihat bahwa sebaran laju dosis radiasi terbesar berada pada ketinggian 1,5 m diikuti laju dosis radiasi pada ketinggian 1,0 m dan 0,5 m. Pada Gambar 2 terlihat bahwa terdapat dua titik dengan nilai radiasi tinggi (berwarna merah). Hal ini menunjukkan bahwa saat terjadi paparan sinar-X, radiasi primer yang dihasilkan selain dari berkas sinar-X yang keluar dari pesawat, ternyata juga dihasilkan dari tabung sinar-X.

Radiasi primer dari tabung sinar-X dapat terjadi karena adanya kebocoran pada tabung. Hal ini terlihat pada Gambar 2 dari titik pengukuran E dan titik pengukuran D yang merupakan titik-titik pada sisi anoda. Pada gambar terlihat bahwa titik E dan D di setiap ketinggian memiliki nilai laju dosis radiasi yang tinggi. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Tohiri (2022) tentang uji kesesuaian kinerja generator dan tabung pesawat sinar-X di Rumah Sakit Universitas Andalas yang menunjukkan terdapat kebocoran pada tabung pesawat sinar-X, dimana laju paparan pada sisi anoda 10 kali lebih besar dari pada sisi katoda.

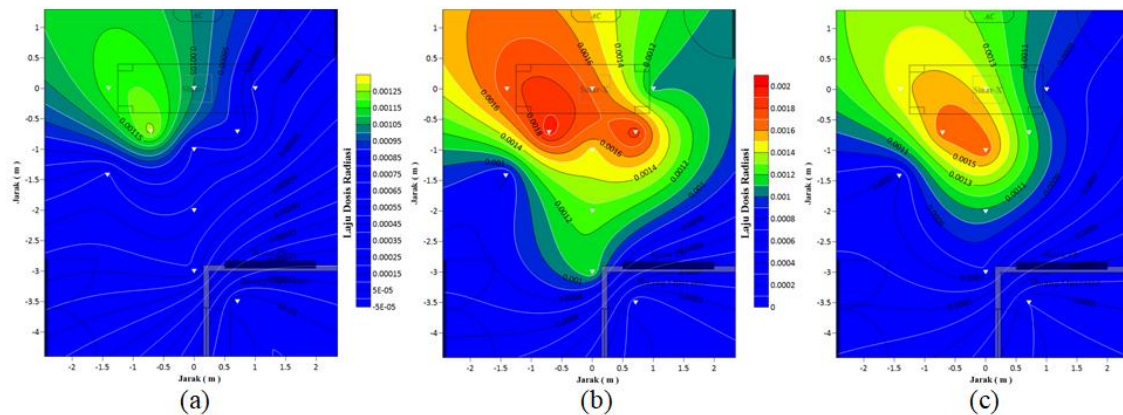
Secara umum terlihat bahwa radiasi hambur yang dihasilkan dari berkas sinar-X saat mengenai fantom memiliki intensitas yang lebih rendah dibandingkan radiasi yang keluar dari tabung sinar-X. Tapi hal ini perlu diuji lagi, karena pada penelitian ini *surveymeter* tidak ditempatkan pada daerah belakang tabung sinar-X. Kemungkinan hal ini yang mempengaruhi peta kontur isodosis radiasi yang membaca daerah didepan tabung dengan intensitas radiasi yang tinggi, dan membuat gambaran di sekitarnya sebagai daerah dengan radiasi tinggi juga.

Sebaran laju dosis radiasi pada ketinggian yang berbeda menunjukkan adanya kesesuaian dengan posisi sumber primer serta kemungkinan arah sebaran radiasi hambur. Gambar 2.(a) yang merupakan pengukuran pada level ketinggian 0,5 m memiliki sebaran laju dosis radiasi yang lebih rendah dibandingkan titik lainnya, yang menunjukkan nilai dosis hambur di titik ini lebih rendah dibandingkan titik lainnya. Hal ini disebabkan oleh sebaran titik-titik pengukuran berada dibawah sumber primer dengan kemungkinan hamburan yang tertahan oleh meja pasien. Berbeda halnya dengan Gambar 2.(c) yang titik-titik pengukurannya berada di atas meja pasien. Terlihat bahwa radiasi hambur lebih tinggi terjadi ke arah atas, dibandingkan arah lainnya. Hasil peta kontur saat alat beroperasi menunjukkan bahwa kontur pada ketinggian 0,5 m lebih aman untuk dilalui oleh petugas saat keadaan darurat. Daerah disekitar tabung kemungkinan memiliki radiasi yang lebih tinggi dibandingkan daerah lainnya.

#### 3.2 Kontur Isodosis Radiasi 20 S setelah Pesawat Sinar-X dipaparkan

Laju dosis radiasi 20 s setelah pesawat sinar-X di paparkan mengalami penurunan hingga pembacaan radiasi tertinggi menjadi 0,002 mSv/jam, yang berada di titik pengukuran D. Nilai ini jauh

lebih kecil jika dibandingkan dengan pembacaan laju dosis saat pesawat sinar-X dipapakan. Laju dosis radiasi pada masing-masing ketinggian diproyeksikan dalam kontur isodosis radiasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3** Kontur isodosis radiasi (a) Ketinggian 0,5 m (b) Ketinggian 1 m (c) Ketinggian 1,5 m

Berdasarkan ketiga kontur isodosis radiasi pada Gambar 3 terlihat bahwa sebaran laju dosis radiasi terbesar berada pada ketinggian 1,0 m diikuti laju dosis radiasi pada ketinggian 1,5 m dan 0,5 m. Gambaran umum ini sesuai dengan gambaran yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan Tulfala (2020). Hal ini menunjukkan bahwa sebaran radiasi setelah 20 s tidak lagi berasal dari radiasi primer yang sebelumnya dihasilkan oleh berkas sinar-X dan tabung sinar-X. Sisa radiasi yang masih terbaca oleh *surveymeter* kemungkinan berasal dari radiasi hambur sehingga titik optimum mengalami pergeseran dibandingkan keadaan pada Gambar 2.

Perubahan komposisi sebaran laju dosis radiasi setelah 20 s yang ditunjukkan Gambar 3 kemungkinan dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti adanya aliran udara dari penggunaan *air conditioner* (AC). Posisi pendingin ruangan yang berada dibagian belakang atas tabung sinar-X dan mengarah ke ruangan kontrol (Gambar 1) sesuai dengan gambaran sebaran laju dosis yang disajikan melalui peta kontur isodosis radiasi (Gambar 3). Walaupun terjadi sebaran laju dosis radiasi dengan jangkauan yang lebih jauh setelah 20 s pesawat sinar-X dipaparkan, namun nilai laju dosis radiasi maksimum masih dalam batas aman bagi pekerja radiasi.

Sebaran laju dosis radiasi pada ketinggian 0,5 m tidak terlalu terpengaruh oleh aliran udara dari pendingin ruangan. Hal ini terlihat dari nilai sebaran laju dosis radiasi pada daerah dengan ketinggian 0,5 m yang memiliki nilai relatif lebih rendah dibandingkan ketinggian lainnya. Hal ini menjadikan daerah dengan ketinggian 0,5 m ini lebih aman untuk diakses oleh petugas radiasi, baik ketika pesawat sinar-X sedang beroperasi, maupun 20 s setelah terjadi paparan radiasi. Hasil ini mungkin dapat digunakan bagi pekerja radiasi jika terjadi keadaan darurat, dimana diperlukan tindakan langsung bagi penyelamatan pasien.

#### IV. KESIMPULAN

Laju dosis radiasi untuk tegangan 60 kV dan arus waktu 8 mAs, saat pesawat sinar-X dipaparkan mencapai nilai maksimum 0,760 mSv/jam di titik C pada ketinggian 1,5 m dan jarak 1,0 m dari tabung pesawat sinar-X. Sedangkan untuk pembacaan setelah 20 s, nilai tertinggi yang diperoleh berada pada titik D dengan nilai 0,002 mSv/jam pada ketinggian 1,0 m dan jarak 1,0 m dari tabung pesawat sinar-X. Bentuk kontur isodosis radiasi saat pesawat sinar-X dipaparkan memiliki dua sumber radiasi primer yang berasal dari tabung sinar-X dan berkas sinar-X yang ditembakkan pada fantom. Sedangkan, kontur isodosis radiasi setelah 20 s pemaparan tidak memiliki sumber radiasi primer dan sebaran laju dosis radiasi terlihat dipengaruhi oleh aliran udara yang berasal dari pendingin ruangan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak Rumah Sakit Universitas Andalas yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan terima kasih untuk semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, R., Muslim, M. and Mutanto, A. (2014), “Analisis Sebaran Radiasi Hambur Di Sekitar Pesawat Sinar-X Pada Pemeriksaan Tomografi Ginjal”, *Jurnal Ilmiah GIGA*, Vol. 17 No. 2, hal: 63–69.
- Aprilia, A., Hidayanto, E. and Setiawati, E. (2018), “Analisis kurva isodosis paparan radiasi pada ruang terapi dengan Linear Accelerator ( LINAC ) 6MV”, *Youngster Physics Journal*, Vol. 07 No. 1, hal: 40–46.
- BAPETEN. (2011), *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional*, Jakarta.
- IAEA. (2006), *Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Procedures Using X Rays*, Safety Report Series No. 39, Vienna.
- Simarmata, R.I.P. (2020), “Pemetaan Laju Dosis Radiasi Di Sekitar Instalasi Radioterapi Rsud Arifin Achmad Pekanbaru”, *Repository University of Riau*.
- Syahria, Setiawati, E. and Sofjan, K. (2012), “Pembuatan Kurva Isodosis Paparan Radiasi Di Ruang Pemeriksaan Instalasi Radiologi RSUD Kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara”, *Berkala Fisika*, Vol. 15 No. 4, hal: 123–132.
- Tohiri, N. and Muttaqin, A. (2022), “Uji Kesesuaian Kinerja Generator dan Tabung Pesawat Sinar-X Merek Siemens di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas”, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 11 No. 1, hal: 37–43.
- Tulfala, F. (2020), “Analisis Kontur Isodosis Paparan Radiasi Sinar-X di Instalasi Radiologi UPT Rumah Sakit Umum Daerah Madani Palu”, *Gravitasi*, Vol. 19 No. 1, hal: 20–23.