
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SIMULATOR KOLIMATOR SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TOPIK SINAR-X

Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami¹, Sukma Meganova Effendi², Nugroho Budi Wicaksono³

agatha.mahardika@usd.ac.id

^{1,3}Teknologi Elektromedis, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

²Mekatronika, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Received: 30 Oktober 2022

Revised: 6 November 2022

Accepted: 20 November 2022

Abstract: *This study aims to develop a collimator simulator which is an accessory in radiology equipment. This simulator was created as a learning medium to complete students' understanding in studying x-rays as part of electromagnetic waves. The method used in this research is research and development with the ADDIE development model. The feasibility test of learning media was carried out with a percentage of 81% material experts and 84% media experts. The results of the trial of learning media to users (students) obtained that the average percentage of all indicators was 80% so that the collimator simulator was suitable to be used as a learning medium for students. Collimator simulator learning media helps students to better understand the material.*

Keywords: *collimator, learning media, research and development*

Abstrak: *Penelitian ini bertujuan mengembangkan simulator kolimator yang merupakan aksesoris dalam peralatan radiologi. Simulator ini dibuat sebagai media pembelajaran untuk melengkapi pemahaman mahasiswa dalam mempelajari sinar x sebagai bagian dari gelombang elektromagnetik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian pengembangan (Research and Development) dengan model pengembangan ADDIE. Uji kelayakan media pembelajaran dilakukan dengan presentase dari ahli materi 81% dan ahli media 84%. Hasil uji coba media pembelajaran kepada pengguna (mahasiswa) didapat persentase rata-rata dari semua indikator adalah 80% sehingga simulator kolimator layak digunakan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa. Media pembelajaran simulator kolimator membantu mahasiswa untuk lebih memahami materi.*

Kata kunci: *kolimator, media pembelajaran, penelitian pengembangan*

PENDAHULUAN

Fisika medis merupakan salah satu peminatan fisika yang khusus membahas tentang aplikasi fisika dalam dunia medis. Pada praktiknya peralatan-peralatan medis banyak yang menggunakan prinsip dasar gelombang elektromagnetik. Contoh aplikasinya adalah inframerah yang banyak digunakan sebagai sensor untuk pengukuran suhu non kontak, pulse oximeter untuk mengukur kadar SpO₂ dalam darah, bahkan untuk alat fisioterapi yaitu terapi menggunakan lampu inframerah untuk melancarkan peredaran darah. Aplikasi gelombang elektromagnet juga banyak dikembangkan dengan memanfaatkan sinar x pada radiografi.

Radiografi berkembang sebagai salah satu metode uji tak rusak yang banyak diaplikasikan baik dalam dunia medis maupun industri (Lopez et al., 2018)(Wardhani, 2019)(Azaman, dkk. 2011). Tekniknya adalah dengan mengambil citra bagian dalam tubuh atau material menggunakan sinar x yang bisa menembus bahan tebal (Unett, E. M. dan Royle, 1997)(Igwebike-Ossi, 2017).

Sinar x memiliki sifat-sifat khusus yang membuat sinar ini dapat digunakan untuk keperluan diagnosa penyakit, dan terapi. Sinar x merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang yang sangat pendek dan mampu menembus bahan atau massa padat dengan daya tembus yang sangat besar seperti tulang dan gigi karena energinya yang tinggi (Akhadi, M, 2014).

Tabung sinar x digunakan secara khusus untuk memproduksi sinar x. Sinar x hanya dapat diproduksi dengan menggunakan tegangan tinggi hingga 50 – 100 kV. Pada proses pembentukan sinar x, diatur parameter-parameter untuk menentukan intensitas sinar x yang akan ditembakkan ke pasien, diantaranya tegangan tinggi (kV), arus filamen (mA) dan waktu paparan (s). Pengaturan tegangan tinggi akan menentukan rata-rata energi sinar x yang diproduksi. Semakin tinggi nilai kV, semakin tinggi rata-rata energi yang dihasilkan dan semakin tinggi energi maksimumnya. Arus filamen dan waktu paparan menentukan intensitas radiasi yang dihasilkan dan tidak berpengaruh pada energi maksimum yang dihasilkan. Semakin tinggi mA dan s, maka makin tinggi intensitas sinar x yang dihasilkan.

Sinar x yang dihasilkan pada proses pembentukan sinar x akan berkisar dari energi yang rendah hingga energi yang tinggi. Semakin tinggi energi sinar x yang dihasilkan, semakin besar daya tembusnya (Dixon R. L.; Whitlow, 2011). Sinar x dengan energi rendah akan diserap tubuh pasien dan tidak berpengaruh pada proses pembentukan bayangan pada film radiografi (McClelland, 2004). Sinar x energi rendah seperti ini akan memberikan dosis berlebih pada pasien, sehingga peralatan mesin sinar x dilengkapi dengan filter untuk menyerap radiasi sinar x energi rendah. Filter umumnya terbuat dari bahan aluminium, yang melekat pada peralatan rontgen biasanya sekitar 0,5 mm hingga 1,1 mm setara aluminium 1 mm (Indrato, T. B.; Yulianto, E. Y.; Mak'ruf, 2020).

Cara lain untuk membatasi dosis radiasi sinar x ke pasien adalah dengan membatasi luas lapang radiasi ke pasien (Winarno, 2020). Alat yang digunakan disebut kolimator (Gambar 1). Kolimator dilengkapi dengan bilah-bilah untuk mengatur ukuran panjang dan lebar luasan radiasi sinar x yang akan diteruskan ke pasien.



Gambar 1. Kolimator

Sebelum menggunakan pesawat rontgen, operator akan mengatur luasan radiasi menggunakan berkas cahaya lampu kolimator. Pengaturan luasan radiasi pada kolimator ada yang dilakukan secara manual dengan memutar knob pada kolimator, dan ada juga yang menggunakan motor DC untuk membuka dan menutup kolimator.

Proses pembelajaran praktik langsung dapat memberikan gambaran yang lebih jelas dan lengkap daripada pembelajaran secara teori. Dengan praktik langsung, mahasiswa akan mendapat pengalaman eksperimen yang berbeda dibandingkan hanya dengan mendengarkan teori. Selain itu dengan praktik langsung, mahasiswa akan lebih berminat mempelajari topik yang didiskusikan.

Sementara itu, tidak semua universitas siap untuk dapat menggunakan perangkat mesin sinar x beserta aksesorisnya seperti kolimator karena mesin sinar x harganya mahal dan untuk menggunakan membutuhkan ijin khusus karena menggunakan radiasi. Hal yang mungkin dilakukan adalah menggunakan peralatan yang sudah tidak dapat dioperasikan seperti pesawat sinar x keluaran lama yang sudah tidak layak pakai. Namun tidak semua universitas bisa menyediakan, apabila ada biasanya menggunakan peralatan yang sudah lama dengan kolimator manual. Penelitian ini dimaksudkan untuk merancang sebuah simulator kolimator dari mesin sinar x dengan proses pengaturan simulator kolimator menggunakan motor DC sebagai bahan ajar untuk menunjang pemahaman mahasiswa dalam topik sinar x.

METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Research and Development* (RnD) untuk menghasilkan produk berupa alat peraga (simulator) kolimator sinar x. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini mengadaptasi model pengembangan ADDIE yang terdiri dari tahapan *Analysis* (analisis), *Design* (desain), *Implementation* (implementasi) dan *Evaluation* (evaluasi) (Sugiyono, 2017).

Pada penelitian ini akan diteliti simulator berupa alat praktik dan panduan praktik yang melibatkan ahli materi sebagai validator yang menilai cakupan aspek bahasa, tampilan visual dari panduan praktik serta penyajian materi dalam panduan praktik serta ahli media sebagai validator yang menilai kelayakan alat untuk membantu mahasiswa memahami materi fisika medis serta menilai kelayakan alat dalam pembelajaran fisika medis. Mahasiswa dilibatkan untuk mengetahui tanggapan terhadap simulator kolimator sinar x.

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data menggunakan kuisioner dengan penyajian data menggunakan skala likert. Instrumen untuk ahli materi berhubungan dengan kesesuaian panduan penggunaan alat dengan materi (aspek kelayakan isi), penyajian panduan alat (aspek kelayakan dalam pembelajaran), kebahasaan dan penggunaan. Instrumen untuk ahli media berhubungan dengan kualitas alat, kemudahan penggunaan alat dan aspek kebermanfaatan alat. Instrumen untuk mahasiswa diberikan untuk mengukur respon terhadap penggunaan alat simulator kolimator.

Teknik analisis data berupa interpretasi data dari kuisioner yang dibagikan kepada dosen dan mahasiswa. Indikator penilaian baik tidaknya penggunaan simulator kolimator sebagai media pembelajaran sinar x didasarkan pada interpretasi skor pada skala likert yang disajikan pada Tabel 1. Untuk menghitung persentase dari tiap-tiap indikator, digunakan persamaan 1 berikut (Purwanto, 2013).

$$P = \frac{S}{N} \times 100 \% \quad (1)$$

dengan

P = nilai presentase skor

S = jumlah skor

N = skor maksimal

Tabel 1. Interpretasi skor pada skala likert

Persentase Skor	Kriteria Validitas
0% - 25%	Tidak baik
26% - 50%	Kurang baik
51% - 75%	Baik
76% - 100%	Sangat baik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah alat peraga (simulator) kolimator sinar x dan panduan penggunaan alat. Model pengembangan ADDIE yang digunakan dalam

penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pengembangan alat yang valid berdasarkan penilaian validator dan tanggapan mahasiswa terhadap alat yang dikembangkan. Tahapan yang dikembangkan dalam penelitian ini diantaranya:

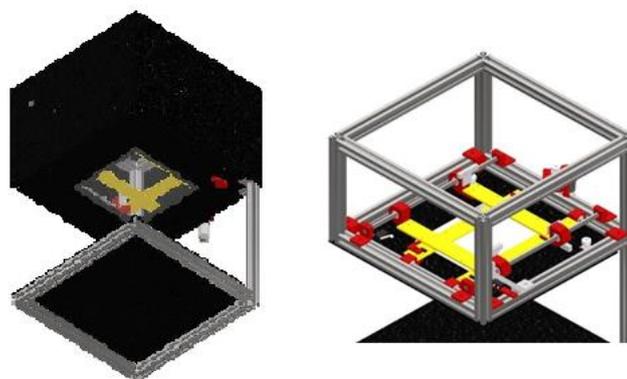
1. *Analysis* (analisis)

Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap materi sinar x. Berdasarkan analisis materi ditemukan bahwa materi sinar x membutuhkan alat peraga (simulator) untuk memahami cara-cara untuk membatasi luas lapang radiasi yang diberikan ke pasien. Sinar x merupakan gelombang elektromagnet dengan energi sangat tinggi sehingga untuk keamanan dan keselamatan, diperlukan kolimator.

2. *Design* (Desain)

Pada tahapan ini dilakukan perancangan simulator kolimator sinar x dan panduan penggunaan alat dan kuisisioner untuk uji validitas ahli materi dan ahli media serta kuisisioner untuk melihat tanggapan mahasiswa akan adanya alat simulator kolimator sinar x. Pada tahapan perancangan simulator, ada tiga tahapan yang dilakukan yaitu (1) tahapan perancangan desain mekanik alat, (2) pembuatan simulator serta (3) pengujian simulator.

Sistem mekanik kolimator dibuat menggunakan rangka aluminium profil T-Slot 2020. Rangka dibentuk seperti pada Gambar 2. Untuk bodi kolimator digunakan akrilik berwarna hitam untuk memastikan cahaya yang keluar dari kolimator hanya berasal dari lampu kolimator. Komponen-komponen dalam bilah kolimator dicetak menggunakan printer 3D berbahan Polylactic acid. Untuk membuat sistemnya bisa digerakkan menggunakan motor DC, digunakan rel yang berbahan Stainless steel dengan ukuran 8 mm.

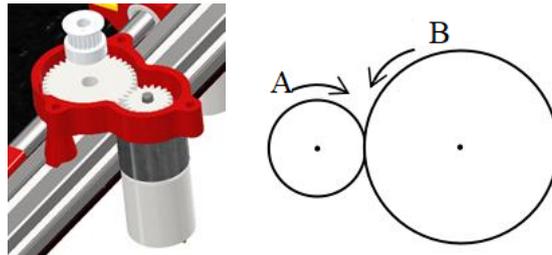


Gambar 2. Perancangan mekanik simulator kolimator

Sistem penggerak bilah yang digunakan pada simulator kolimator ini adalah motor DC seri 370 255GA dengan kecepatan putar 130 RPM. Sedangkan sistem transmisinya

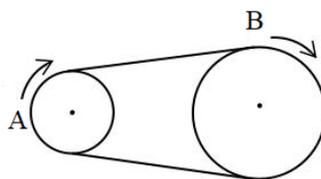
dirancang menggunakan dua buah *gearbox* yang dibuat dengan printer 3D seperti pada Gambar 3 (kiri). Pada proses ini pergerakan gearbox mengikuti pergerakan hubungan roda-roda dengan sistem langsung seperti pada Gambar 3 (kanan). Pada sistem roda langsung berlaku

1. Arah putar roda A berlawanan dengan arah roda B
2. Kecepatan linear roda A sama dengan kecepatan linear roda B
3. Kecepatan sudut roda A tidak sama dengan kecepatan sudut roda B



Gambar 3. Perancangan sistem transmisi (kiri) dan roda-roda sistem bersinggungan (kanan)

Mekanisme gerak pada bilah memanfaatkan gerak yang dihasilkan oleh puli dan sabuk. Setiap bilah memiliki 2 penutup yang harus bergerak secara bersamaan dengan arah berlawanan. Oleh karena itu, digunakan transmisi puli dan sabuk untuk memudahkan pembuatan pergerakan bilah. Mekanisme gerak bilah memanfaatkan hubungan roda-roda dengan sistem tak langsung.



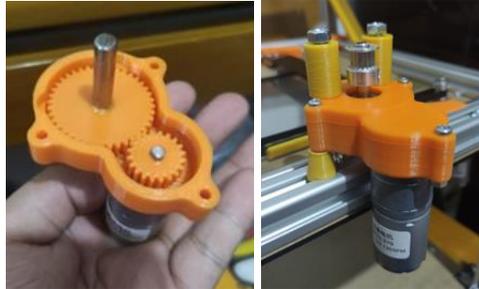
Gambar 4. Roda-roda sistem tak langsung

Mekanisme gerak bilah selanjutnya dihubungkan dengan tombol untuk mengatur luas lapang bidang pencahayaan. Pada simulator ini kolimator dilengkapi dengan lampu untuk melihat luas bidang radiasi. Selanjutnya dilakukan pengujian-pengujian untuk memastikan kolimator dapat bergerak dengan lancar dan berkas cahaya dapat terlihat dengan baik.

3. *Development* (Pengembangan)

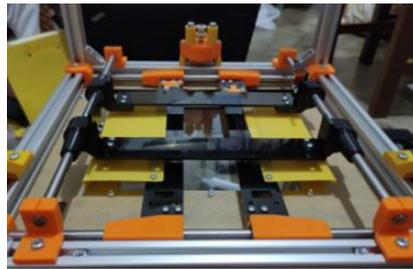
Pada tahapan ini dilakukan pembuatan perangkat (simulator dan panduan) praktik yang sudah dirancang sebelumnya. Proses pembuatan sistem mekanik simulator kolimator dimulai dengan merakit rangka untuk sistem kolimator. Rangka dibuat dari bahan alumunium profil T-slot 2020 agar rangka kuat. Bilah jendela kolimator dibuat

menggunakan rel yang dilengkapi dengan poros stainless steel untuk memudahkan proses buka tutup bilah. Untuk membuka tutup bilah digunakan motor DC yang disambungkan dengan gearbox yang selanjutnya dipasangkan pada rel. Gearbox dibuat menggunakan 3D print menggunakan rasio gigi 1:2 seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Gearbox pada simulator kolimator

Bilah kolimator dibuat menggunakan akrilik yang dilengkapi bahan plastik lembaran yang tidak tembus cahaya. Penutup ini digunakan agar cahaya hanya melewati celah dari bilah saat bilah terbuka (Gambar 6).



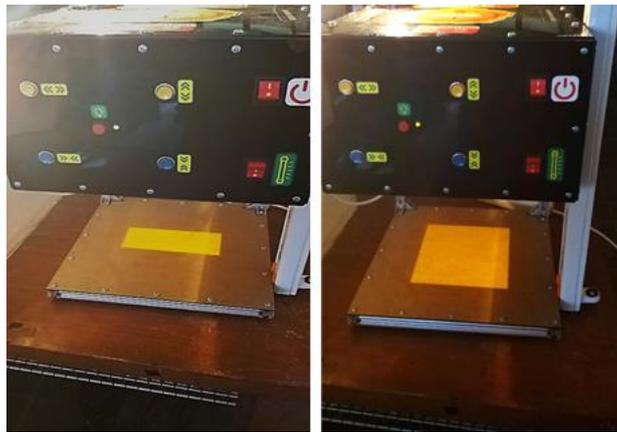
Gambar 6. Penutup bilah

Rangka dan rangkaian bilah selanjutnya ditutup dengan menggunakan akrilik berwarna hitam. Sistem kontrol menggunakan tombol dipasang pada akrilik. Sistem kontrol menggunakan power supply 12V yang dipasang pada rangka. Lampu yang digunakan pada kolimator menggunakan LED strip. Simulator kolimator yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Simulator kolimator

Pengujian-pengujian dilakukan untuk memastikan bilah dapat terbuka dan tertutup dengan lancar sesuai dengan pengaturan yang dilakukan. Pengaturan buka tutup bilah dilakukan dengan menekan tombol-tombol pada simulator. Pengujian dan perbaikan-perbaikan dilakukan beberapa kali hingga simulator kolimator siap digunakan. Gambar 8 menunjukkan pengujian lebar bilah kolimator. Dari pengujian-pengujian yang dilakukan, simulator kolimator siap untuk dijadikan alat peraga dalam proses pembelajaran.



Gambar 8. Pengujian luas lapang simulator kolimator

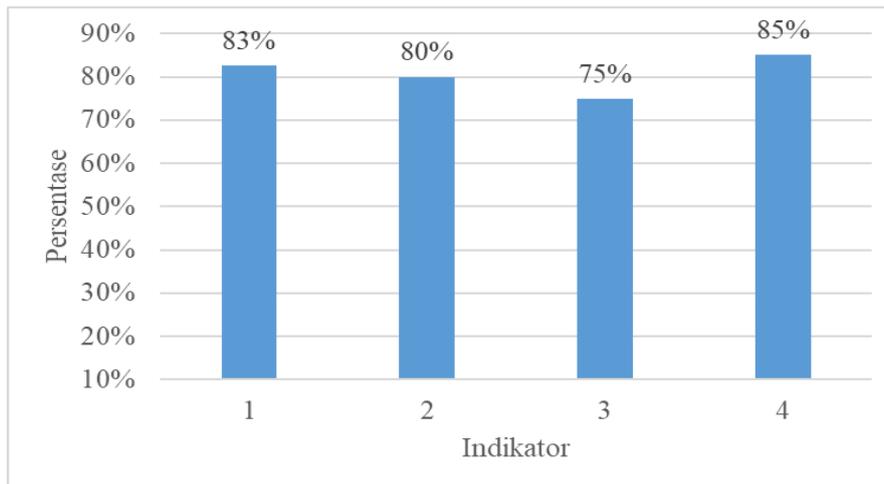
4. *Implementation* (implementasi)

Sebelum menjelaskan tentang simulator kolimator yang dihasilkan, mahasiswa diberikan pengantar mengenai spektrum gelombang elektromagnetik, sifat-sifat sinar x, proses produksi sinar x, aksesoris peralatan pesawat sinar x, kolimator dilanjutkan proses pembentukan citra medis. Simulator kolimator dibuat dengan tujuan agar mahasiswa dapat memahami penjelasan dengan lebih jelas dan mudah dipahami. Dengan menggunakan simulator, mahasiswa mendapatkan pengalaman nyata proses pengaturan berkas cahaya pada pesawat sinar x sehingga meningkatkan minat mahasiswa pada materi yang diajarkan.

Efektivitas pembelajaran menggunakan simulator kolimator diukur menggunakan kuisioner dengan beberapa poin pertanyaan yang diisi menggunakan skala likert 1-5 dimana 5 menunjukkan respon sangat setuju dan 1 menunjukkan tidak setuju. Rekapitulasi data angket untuk mengevaluasi media pembelajaran diberikan oleh ahli materi diberikan pada Gambar 9 dengan aspek penilaian dengan indikator-indikator:

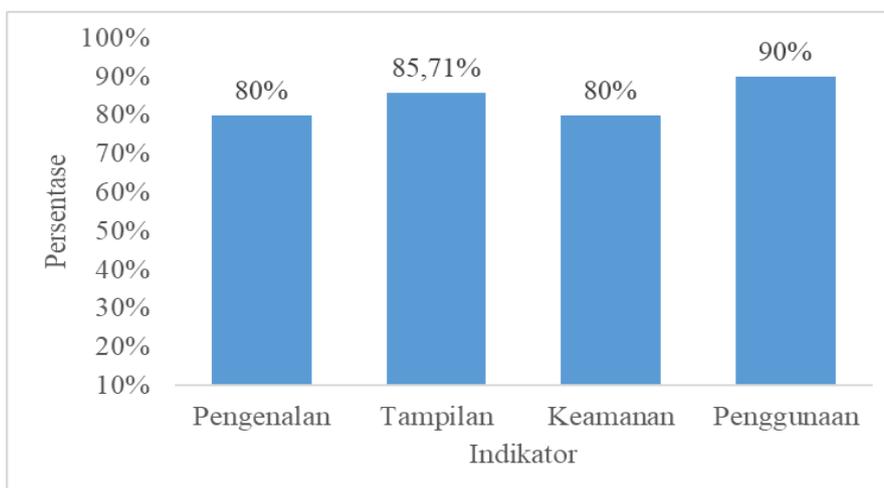
1. Aspek Kelayakan Media Pembelajaran
2. Aspek Kelayakan dalam Pembelajaran
3. Aspek Bahasa

4. Aspek Penggunaan



Gambar 9. Diagram hasil evaluasi ahli materi

Berdasarkan Gambar 9, hasil evaluasi pada ahli materi didapatkan rata-rata persentase dari semua indikator yaitu 81% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa simulator kolimator sinar x sudah sesuai dengan materi Fisika Medis dan layak untuk digunakan. Ahli media diberikan kuisioner untuk mengevaluasi media alat simulator kolimator sinar x. Rekapitulasi data kuisioner evaluasi ahli media dapat dilihat pada Gambar 10.

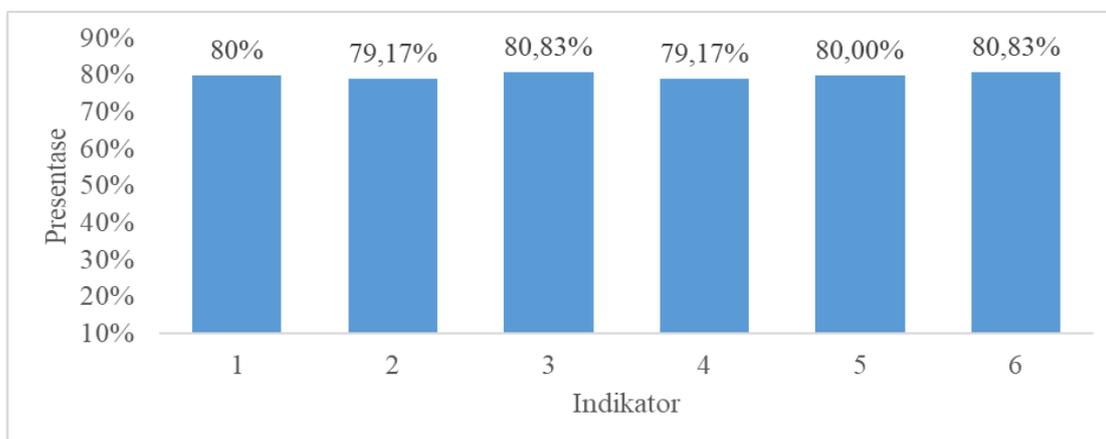


Gambar 10. Diagram hasil evaluasi ahli media

Berdasarkan diagram pada Gambar 10, hasil evaluasi pada ahli media didapatkan rata-rata persentase dari semua indikator yaitu 84% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa dari segi tampilan media pembelajaran simulator kolimator sudah sangat baik dan layak untuk digunakan sebagai salah satu media pembelajaran dalam pembelajaran Fisika Medis. Oleh sebab itu, media pembelajaran ini sudah layak untuk

diujikan kepada dosen dan mahasiswa sebagai pengguna media pembelajaran. Uji coba pada pengguna dilakukan terhadap 24 mahasiswa. Berdasarkan hasil uji coba didapatkan data pada gambar 11 dengan indikator yang diberikan adalah sebagai berikut

- 1) Media pembelajaran simulator kolimator sinar x sesuai dengan kebutuhan mahasiswa
- 2) Media pembelajaran simulator kolimator sinar x memudahkan mahasiswa dalam pencapaian tujuan pembelajaran
- 3) Media pembelajaran simulator kolimator sinar x sesuai dengan materi yang disajikan
- 4) Media pembelajaran simulator kolimator sinar x memudahkan mahasiswa dalam mengaplikasikan materi yang disajikan
- 5) Media pembelajaran simulator kolimator sinar x yang disajikan mudah digunakan
- 6) Kualitas Media pembelajaran simulator kolimator sinar x telah baik



Gambar 11. Hasil kuisisioner evaluasi pembelajaran

Berdasarkan hasil angket seperti ditunjukkan ada Gambar 11, hasil evaluasi pembelajaran mahasiswa peserta kuliah didapatkan rata-rata persentase dari semua indikator yaitu 80% dengan interpretasi sangat baik. Mahasiswa setuju bahwa media pembelajaran simulator kolimator sesuai dengan kebutuhan mahasiswa pada pengenalan sinar x, simulator ini memudahkan mahasiswa dalam mencapai tujuan pembelajaran. Media pembelajaran simulator kolimator sesuai dengan materi yang disajikan, memudahkan mahasiswa mengaplikasikan materi, dan media pembelajaran ini mudah digunakan.

5. *Evaluation* (evaluasi)

Evaluasi yang diberikan validator diantaranya perlu melengkapi simulator dengan materi yang lebih lengkap dan menambahkan fitur agar alat dapat diatur secara otomatis

menggunakan remot. Media pembelajaran berupa simulator kolimator ini akan lebih optimal apabila dilengkapi dengan simulator mesin sinar x. Simulator ini dapat membantu mahasiswa memahami cara kerja pengoperasian kolimator pada mesin sinar x. Peralatan portabel dan kompak sehingga mudah dipindahkan. Panduan penggunaan alat bisa dikembangkan menjadi bentuk buku panduan yang lebih menarik sehingga lebih meningkatkan minat belajar mahasiswa.

SIMPULAN DAN SARAN

Desain dan implementasi simulator kolimator telah berhasil dibuat sebagai media pembelajaran untuk memberikan pemahaman cara membatasi luas lapang radiasi sinar x. Implementasi meliputi sistem mekanik, mekanisme penggerak, sistem transmisi penggerak dan mekanisme buka tutup bilah. Melalui media ini mahasiswa bisa mendapatkan pengalaman nyata cara menggunakan kolimator untuk membatasi radiasi yang diterima pasien. Simulator kolimator layak digunakan sebagai alat peraga dalam topik materi sinar x sesuai dengan uji kelayakan yang dilakukan oleh ahli materi, ahli media dan hasil kuisioner mahasiswa sebagai pengguna dengan rata-rata prosentase semua di atas 80%. Saran untuk penelitian selanjutnya perlu dikembangkan simulator mesin sinar x untuk melengkapi pembelajaran topik sinar x.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma, yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dosen Muda dengan No. 007/Penel./LPPM-USD/II/2022. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan Program Studi Teknologi Elektromedis Universitas Sanata Dharma Yogyakarta atas diskusinya yang bermanfaat selama penyelesaian karya ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. (2014). Analisis unsur kelumit melalui pancaran sinar-x karakteristik. *Buletin Alara*, 8(1).
- Azaman, N; Azmi, A. Saderi, K. A; Sayuti, S.; Rahim, S.; Ismail, M. P. Dan Ibrahim, A. M. (2011). Non-Destructive Testing on Component for Reactor Cooling System by Radiography and Liquid Penetrant Methods. *Nuclear Technical Convention (NTC)*.

- Dixon R. L.; Whitlow, C. T. (2011). The Physical Basic of Diagnostik Imaging. In M. Y. M. Chen (Ed.), *The Physical Basic of Diagnostik Imaging*. Mc Graw Hill Companies, Inc.
- Igwebike-Ossi, C. D. (2017). X-Ray Techniques. *Failure Analysis and Prevention*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72447>
- Indrato, T. B.; Yulianto, E. Y.; Mak'ruf, M. R. (2020). *Peralatan Radiologi Dasar (I)*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Lopez, A., Bacelar, R., Pires, I., Santos, T. G., Sousa, J. P., & Quintino, L. (2018). Non-destructive testing application of radiography and ultrasound for wire and arc additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, 21(March), 298–306. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.03.020>
- Mcclelland, I. R. (2004). X-ray equipment maintenance and repairs workbook for radiographers & radiological technologists. *X-Ray Equipment Maintenance and Repairs for By*, 262–272. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42952/1/9241591633.pdf>
- Purwanto, N. (2013). *Prinsip-prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. PT Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian & Pengembangan Research and Development*. Alfabeta.
- Unett, E. M. dan Royle, A. J. (1997). *Radiographic Techniques and Image Evaluation*. Springer-Science Business Media, B.V.
- Wardhani, R. pramita. (2019). Radiographic Examination Procedure As Non Destructive Testing Method in Process Piping. *Mecha Jurnal Teknik Mesin*, May, 1–9. <https://doi.org/10.35439/mecha.v2i1.5>
- Winarno, G. (2020). *Fisika Radiodiagnostik: Vol. I (I)*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.