**PENGEMBANGAN MODEL APLIKASI PELATIHAN PENGENDALIAN MUTU *COMPUTED TOMOGRAPHY* *(CT)* BERBASIS *AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY (ACR) PHANTOM* TERINTEGRASI *WEB***

Rudy Harnanto ¹,Kusworo Adi ², Dartini ³, Gatot Murti Wibowo 4, Darmini5

*12345, Poltekkes Semarang Jl. Tirto Agung, Pedalangan, Banyumanik, Kota Semarang, 50239, Indonesia*

Corresponding Author: Rudy Harnanto

e-mail: rudy11735a@gmail.com

**ABSTRACT**

**Background:** The use of Viewdex as a tool for radiographic image evaluation has limitations in flexibility for students, particularly in the installation and input of DICOM ACR image results, which can be complex. This study aims to: (1) Evaluate the performance of the CT Scan training application for the Applied Bachelor Program in Radiologic Imaging Technology at Poltekkes Kemenkes Semarang, based on ViewDex; (2) Develop a web-integrated CT Scan quality control training application based on the ACR Phantom; (3) Measure the performance of the web-integrated CT Scan quality control training application based on the ACR Phantom.

**Methods:** The research method used is Research and Development (R&D), which includes literature study, product development, field testing, evaluation, and product revision. The developed application simplifies the process of importing DICOM data, coding questions, and automatic evaluation, thus improving operational efficiency..

**Results:** Validation by IT and QA/QC experts shows that the application meets high standards with 100% validity. Blackbox testing, which includes general functionality, security, compatibility, performance, usability, dashboard, and user interface, showed that the application is valid and operates well without significant errors. Performance evaluation through pre-test and post-test indicated a significant improvement in participants' knowledge and skills, with the Wilcoxon test yielding a p-value of 0.005, indicating a significant difference between conditions before and after using the application.

**Conclusions: i**n conclusion, the developed application is effective and efficient in enhancing student usability and learning experience, overcoming the limitations of Viewdex. This application enables efficient management and analysis of medical images and data, making it well-prepared to support CT quality control training with high-quality standards.

**Keywords: Viewdex, radiographic image evaluation, ACR Phantom, CT quality control, web application, DICOM, PACS, Research and Development.**

**Pendahuluan**

Perkembangan teknologi di bidang radiologi saat ini sudah semakin pesat. Hal ini ditandai dengan munculnya berbagai macam teknologi mutakhir untuk pendiagnosaan suatu jenis penyakit pada manusia. Contoh dari teknologi tersebut adalah Computed Tomography (CT) (1). Computed Tomography (CT) merupakan modalitas pencitraan yang menghasilkan potongan gambar struktur anatomi sehingga dapat membantu meningkatkan diagnosis. Computed Tomography (CT) merupakan modalitas pencitraan medis pertama yang menggunakan komputer. Gambar CT Scan dihasilkan dengan melewatkan tubuh pasien pada sinar-x yang diputar dengan berbagai sudut. CT Scan merupakan teknik transmisi yang menghasilkan gambar dari masing-masing potongan tubuh. Keuntungan pemanfaatan CT Scan terletak pada kemampuannya untuk menampilkan irisan anatomi tiga dimensi (3D), menghilangkan superposisi struktur anatomi sehingga dapat menampilkan gambar yang tidak terhalang apapun tentang anatomi pada dokter (2).

Computed Tomography (CT Scan) merupakan modalitas pencitraan diagnostik yang digunakan untuk menghasilkan berbagai struktur anatomi berupa irisan untuk membantu meningkatkan diagnosis. Kualitas citra yang diperoleh dengan kedua modalitas ini sangat penting karena juga menentukan kualitas ekspertise atau hasil pembacaan citra diagnostik yang dilakukan oleh ahli radiologi. Oleh karena itu, sangatlah perlu dilakukan pengujian kualitas citra pada kedua modalitas tersebut (1). Menurut Middleton (2017) American College Radiology (ACR) telah mempublikasi satu protokol pengujian kinerja terhadap modalitas CT Scan pada tahun 2012, kemudian ACR juga mempublikasi protokol pengujian kinerja modalitas MRI di tahun 2015. Prinsip dari kedua protokol ini sama yaitu untuk panduan akreditasi kelayakan modalitas CT Scan dan MRI yang digunakan untuk program kendali mutu radiologi. Program kendali mutu pada sarana pelayanan radiodiagnostik perlu dilakukan untuk mengetahui pencapaian kerja bagian radiologi sesuai dengan keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1014/Menkes SK/XI/2008 tentang Standar Pelayanan Radiologi Diagnostik di Sarana Pelayanan Kesehatan. Program kendali mutu dalam suatu rumah sakit terdiri dari tim yang meliputi dokter spesialis, fisikawan medis, koordinator radiografer, radiografer Quality Control (QC), dan perwakilan teknisi. Radiografer QC adalah seorang radiografer yang terlatih dan memiliki sertifikat di bidang QC yang sudah dianggap terampil dan cakap melakukan penjaminan mutu dan kendali mutu radiologi modalitas konvensional maupun CT Scan dan MRI. Sertifikat kompetensi bidang QC CT Scan dan MRI merupakan hal yang harus dimiliki oleh seorang radiografer ahli yang sudah menempuh pendidikan Sarjana Teknologi Radiologi Pencitraan.

Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan (TRP) Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Semarang adalah lembaga penyelenggara pendidikan dan pelatihan untuk membekali calon lulusannya dengan pendidikan dan pelatihan jaminan mutu dan kendali mutu (QC) CT Scan dan MRI dalam rangka memberikan nilai tambah bagi lulusan pendidikan ahli radiologi. Sejalan dengan program kendali mutu pada sarana pelayanan radiodiagnostik tersebut maka diperlukan suatu program pendidikan dan pelatihan (diklat) mengingat tidak semua radiografer dapat mengikuti kegiatan pelatihan tersebut karena terbatasnya waktu yang mereka miliki untuk pelayanan, sementara kegiatan itu sangat penting. Selama ini institusi pendidikan yang telah membekali QC CT Scan hanya program studi Teknologi Radiologi Pencitraan (TRP) dengan memberikan pelatihan bagi calon lulusan, pelatihan secara offline membutuhkan sumberdaya yang lebih seperti lokasi, sarana, prasarana, dan yang paling utama peserta harus hadir di lokasi diklat. Pendidikan dan pelatihan tersebut diharapkan dapat memberikan sertifikasi kompetensi di bidang QC utamanya pada modalitas CT Scan. Sesuai dengan program diklat QC CT Scan ini, telah dijalankan sesuai dengan fungsi-fungsi manajemen pendidikan dan pelatihan.

Manajemen atau pengelolaan pendidikan dan pelatihan berkaitan dengan trisula aktivitas, yakni perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi. Menurut Notoatmodjo (2018) siklus pelatihan ini secara garis besar meliputi Analisis Kebutuhan Pelatihan (Training Need Assesment), Penetapan Tujuan Pelatihan, Pengembangan Kurikulum, Persiapan Pelaksanaan Diklat, Pelaksanaan Diklat, dan Evaluasi.

Meskipun kegiatan pelatihan sudah direncanakan sesuai dengan fungsi manajemen diklat tersebut di atas, tetapi masih ditemukan kendala dalam pelaksanaan program pelatihan tersebut. Kendala tersebut adalah program diklat tersebut belum terintegrasi satu dengan yang lain menggunakan suatu aplikasi. Beberapa proses masih dilakukan mulai dari input, proses, dan output dari satu tempat pelatihan program diklat tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem aplikasi yang mampu mengintegrasikan seluruh proses dalam program diklat tersebut.

**Metode**

Model penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk. Proses ini terdiri dari beberapa tahap. Pertama, mempelajari temuan penelitian yang berkaitan dengan produk yang akan dikembangkan. Kedua, produk dikembangkan berdasarkan temuan tersebut. Ketiga, dilakukan pengujian lapangan di mana produk tersebut akan digunakan akhirnya. Selama tahap pengujian lapangan, produk dievaluasi untuk mengidentifikasi kekurangan dan masalah yang mungkin muncul. Berdasarkan hasil evaluasi, produk direvisi dan diperbaiki untuk memastikan kualitas dan kinerja yang optimal. Metode tersebut yang paling relevan digunakan dan penelitian ini sudah sampai pada tahap pengembangan aplikasi ViewDex Administrator yang selama ini digunakan untuk pelatihan pengendalian mutu CT dan MRI.

Desain penelitian yang digunakan adalah one group pretest-posttest. Analisis data menggunakan uji t-test berpasangan.

Sampel penelitian ini dibagi dalam dua kelompok. Sampel pertama sebagai validasi produk oleh ahli yaitu ahli teknologi informasi. Sampel kedua yaitu dosen jurusan radiodiagnostik dan radioterapi serta mahasiswa program teknologi radiologi pencitraan.

**Hasil dan Pembahasan**

## Evaluasi Aplikasi Pelatihan Diklat CT-Scan berbasis ViewDex

Penggunaan Viewdex sebagai alat evaluasi citra radiografi tidak memberikan fleksibilitas yang optimal kepada mahasiswa karena beberapa alasan. Proses instalasi aplikasi dan penginputan hasil citra DICOM ACR tergolong rumit, memerlukan pemahaman yang cukup tentang pengaturan dan konfigurasi aplikasi, termasuk penanganan pertanyaan yang terkait dengan penggunaan Viewdex yang memerlukan pengetahuan dasar tentang coding. Keterbatasan ini dapat menghambat mahasiswa dalam memanfaatkan aplikasi secara efektif, karena prosesnya dapat menjadi lebih lambat dan memerlukan waktu yang lebih lama untuk memberikan edukasi yang memadai mengenai penggunaan Viewdex dalam evaluasi citra radiologi.

Table 1. Deskripsi Proses Keseluruhan Aplikasi berbasis ViewDex

| **Proses** | **Deskripsi** | **Kelemahan** |
| --- | --- | --- |
| Download ViewDex | Mengunduh installer aplikasi melalui situs web https://www.sahlgrenska.se/. Pemilihan installer harus disesuaikan dengan spesifikasi perangkat yang digunakan, apakah Windows, Linux, atau macOS. | Memerlukan pemahaman dasar untuk memilih installer yang tepat. |
| Install ViewDex | Menginstal aplikasi pada perangkat pengguna. | Proses instalasi dapat rumit dan memerlukan pengetahuan tentang pengaturan perangkat lunak. |
| Import DICOM Image | Mengimpor data DICOM secara manual ke dalam folder Image Database yang telah disediakan oleh Viewdex. | Proses impor manual tidak terintegrasi secara otomatis, memerlukan waktu yang lebih lama dan pemahaman tentang pengaturan direktori. |
| Course LMS | Menentukan pertanyaan ujian dan pilihan jawaban secara manual dengan menggunakan aplikasi pengedit teks seperti Notepad atau Visual Code. | Memerlukan pengetahuan dasar pemrograman untuk konfigurasi soal dan jawaban secara manual. |
| Result | Melaksanakan ujian dan menghasilkan rekapan data dalam bentuk file .txt manual. | Rekapitulasi hasil tidak otomatis dan hanya disajikan dalam bentuk file teks yang memerlukan interpretasi manual. |
| Evaluasi Citra Radiografi dengan ViewDex | Pengguna dapat melakukan rekonstruksi dasar dari citra DICOM, seperti penyesuaian kecerahan dan kontras untuk analisis dan penilaian citra medis. | Pengaturan visual harus dilakukan secara manual dan dapat memerlukan waktu lebih lama. |
| Rekapitulasi Nilai | Menampilkan hasil penilaian dalam bentuk file teks (.txt) yang dibuka dengan aplikasi sederhana seperti Notepad, tanpa fitur rekapitulasi otomatis seperti passing grade. | Tidak ada fitur otomatisasi untuk evaluasi performa peserta, mengurangi efisiensi dan memerlukan penilaian manual oleh instruktur. |
| Keseluruhan Proses | Proses pelatihan pengendalian mutu CT berbasis ACR Phantom dengan Viewdex menawarkan beberapa fitur dasar, namun terdapat kelemahan signifikan yang mengurangi efisiensi, seperti impor data manual, pengkodean soal manual, dan rekapitulasi nilai yang tidak otomatis. | Proses manual dan kurang terintegrasi, memerlukan pemahaman teknis dan waktu tambahan untuk menyelesaikan setiap tahapan, yang dapat menjadi hambatan bagi peserta dan instruktur dalam pelaksanaan pelatihan. |

Pelatihan Diklat CT Scan ini memiliki beberapa manfaat penting bagi mahasiswa calon lulusan Sarjana Terapan (D4) Teknologi Radiologi Pencitraan di Poltekkes Kemenkes Semarang. Mahasiswa mempeRoleh pengetahuan dan keterampilan praktis dalam melakukan QA/QC pada perangkat CT Scan. Mereka belajar cara mengoperasikan alat dengan benar, melakukan kalibrasi, dan memastikan kualitas citra yang dihasilkan sesuai standar. Pelatihan ini memberikan pemahaman mendalam tentang pentingnya QA/QC dalam radiologi pencitraan. Mahasiswa belajar tentang standar kualitas yang harus dipenuhi dan bagaimana melakukan evaluasi untuk memastikan alat CT Scan berfungsi dengan baik.

Melalui praktik langsung menggunakan phantom ACR, mahasiswa mendapatkan pengalaman praktis yang sangat berharga. Pengalaman ini membantu mereka mempersiapkan diri untuk menghadapi tantangan dalam dunia kerja yang sebenarnya. Dengan kompetensi yang diperoleh dari pelatihan ini, mahasiswa menjadi lebih siap untuk bekerja di berbagai fasilitas kesehatan. Mereka dapat bekerja dengan profesionalisme dan etika kerja yang tinggi, serta mampu beradaptasi dengan cepat terhadap perkembangan teknologi medis. Lulusan yang memiliki kemampuan QA/QC yang baik dapat berkontribusi secara signifikan dalam peningkatan kualitas layanan kesehatan. Mereka mampu memastikan bahwa perangkat CT Scan di tempat mereka bekerja menghasilkan citra yang berkualitas tinggi, yang sangat penting untuk diagnosis dan perawatan pasien yang akurat.

Hasil evaluasi dari pengujian menggunakan Phantom ACR ini kemudian akan dilakukan penilaian terhadap hasil citra tersebut. Dalam praktiknya saat ini, penilaian dilakukan dengan menggunakan sebuah aplikasi bernama Viewdex. Aplikasi ini berfungsi sebagai media penilaian citra yang memanfaatkan skala Likert dan pilihan opsi untuk memberikan nilai terhadap berbagai aspek kualitas citra. Penggunaan Viewdex memberikan fitur yang bermanfaat dalam proses rekonstruksi citra yang sederhana, seperti pengaturan kecerahan (brightness), kontras, dan panning. Fitur-fitur ini memungkinkan evaluasi yang lebih mendalam dan menyeluruh terhadap citra yang dihasilkan oleh CT Scan.

Gambar 1. Proses Penggunaan Aplikasi Viewdex dalam Pelatihan Pengendalian Mutu CT Scan Berbasis ACR Phantom

A black screen with text

AI-generated content may be incorrect.

Gambar 1 menunjukkan proses penggunaan Aplikasi Viewdex dalam pelatihan Pengendalian Mutu CT Scan berbasis ACR Phantom. Proses ini dimulai dengan mengunduh installer aplikasi melalui situs web https://www.sahlgrenska.se/. Pemilihan installer harus disesuaikan dengan spesifikasi perangkat yang digunakan, apakah Windows, Linux, atau macOS. Setelah itu, installer diinstal pada perangkat pengguna. Tahap berikutnya adalah mengimpor data DICOM secara manual ke dalam folder Image Database yang telah disediakan oleh Viewdex. Pada tahap penentuan pertanyaan ujian dan pilihan jawaban, proses dilakukan secara manual dengan menggunakan aplikasi yang dapat mengedit file berekstensi .txt seperti Notepad, Visual Code, dan lain sebagainya. Akhirnya, ujian untuk menjawab soal pelatihan dapat dilaksanakan. Hasil dari ujian ini berupa rekapan data yang berbentuk file .txt manual.

## Pengembangan aplikasi pelatihan pengendalian mutu CT berbasis ACR Phantom terintegrasi web.

Pengembangan aplikasi pelatihan pengendalian mutu CT berbasis ACR Phantom yang terintegrasi web, langkah-langkah kritis dilakukan untuk memastikan proses berjalan dengan efisien dan menghasilkan produk akhir yang berkualitas. Pertama-tama, pembuatan use case menjadi titik awal yang penting untuk mendefinisikan interaksi antara aplikasi dengan pengguna serta menetapkan fungsi-fungsi esensial seperti impor data DICOM otomatis, pengkodean soal secara otomatis, dan evaluasi hasil dengan sistem passing grade. Diagram aktivitas kemudian digunakan untuk memvisualisasikan urutan langkah-langkah dalam menjalankan fungsi-fungsi tersebut, memberikan pemahaman yang jelas mengenai perilaku sistem selama pengembangan.

Proses pengembangan selanjutnya melibatkan implementasi detail dari setiap fitur yang telah ditentukan dalam use case dan diagram aktivitas, serta pengujian terus-menerus untuk memastikan aplikasi berfungsi sesuai dengan standar yang ditetapkan. Setelah tahap pengembangan selesai, aplikasi akan divalidasi oleh ahli di bidangnya untuk mengevaluasi keamanan, fungsionalitas, dan kualitas pengalaman pengguna secara menyeluruh. Umpan balik dari validasi ini menjadi dasar untuk melakukan revisi dan perbaikan yang diperlukan sebelum menghasilkan produk final. Dengan demikian, produk akhir dari pengembangan ini diharapkan dapat memberikan pengalaman pelatihan yang lebih efisien, terintegrasi, dan responsif terhadap kebutuhan peserta dan pengajar dalam pengendalian mutu CT berbasis ACR Phantom.

Aplikasi pelatihan pengendalian mutu CT berbasis ACR Phantom terintegrasi web. Sistem ini dirancang untuk memungkinkan peserta melihat soal kuis beserta pilihan jawabannya, dengan dukungan tampilan soal berbasis DICOM yang diintegrasikan melalui server PACS Orthanc. Keunggulan utama dari halaman ini adalah kemampuannya untuk menampilkan gambar DICOM secara langsung dalam soal kuis. Gambar DICOM, yang merupakan format standar untuk citra medis, disimpan dan dikelola melalui server PACS Orthanc, memungkinkan peserta mengakses gambar dengan kualitas tinggi dan tanpa kompresi. Hal ini memastikan bahwa citra medis yang ditampilkan tetap akurat dan detail, sesuai dengan kebutuhan evaluasi dan pelatihan pengendalian mutu CT.

Integrasi DICOM melalui server PACS Orthanc memungkinkan peserta untuk melakukan manipulasi dasar pada gambar, seperti penyesuaian kecerahan, kontras, dan pengukuran, yang sangat penting dalam pelatihan pengendalian mutu CT. Dengan fitur ini, peserta mendapatkan pengalaman belajar yang lebih realistis dan mendalam, karena mereka dapat langsung berinteraksi dengan data medis yang relevan dalam konteks penilaian. Halaman tampilan kuis ini dirancang untuk memastikan bahwa peserta memiliki semua alat yang diperlukan untuk mengevaluasi dan memahami materi pelatihan dengan lebih baik, sehingga meningkatkan efektivitas pembelajaran dan keterampilan praktis mereka. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat kemampuan teknis peserta tetapi juga meningkatkan pemahaman mereka tentang aplikasi praktis dari teori yang dipelajari dalam situasi klinis yang nyata.

Telah dilakukan validasi sistem aplikasi dengan melibatkan tiga validator ahli dalam bidang Information Technology (IT) serta Quality Control and Quality Assurance (QA/QC). Proses penilaian ini mencakup berbagai aspek penting dari aplikasi, yaitu Fungsionalitas Umum, Keamanan, Kompatibilitas, Kinerja, Usability, Dashboard, dan User Interface. Para ahli ini memberikan evaluasi mendalam untuk memastikan bahwa aplikasi memenuhi standar tinggi dalam setiap kategori yang dinilai.

Penilaian terhadap Fungsionalitas Umum memastikan bahwa semua fitur aplikasi beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Evaluasi Keamanan menitikberatkan pada proteksi data pengguna dan integritas sistem, memastikan aplikasi tidak rentan terhadap ancaman siber. Aspek Kompatibilitas memeriksa kemampuan aplikasi untuk berjalan di berbagai perangkat dan sistem operasi. Kinerja diuji untuk memastikan aplikasi responsif dan efisien dalam penggunaan sumber daya. Usability menilai kemudahan penggunaan aplikasi oleh pengguna akhir, sedangkan penilaian Dashboard dan User Interface memastikan bahwa antarmuka aplikasi intuitif dan mudah dinavigasi. Hasil dari validasi ini memberikan kepercayaan bahwa aplikasi siap untuk digunakan dengan standar kualitas yang tinggi

## Validasi Ahli

Hasil uji validasi oleh ahli menggunakan metode Blackbox menunjukkan bahwa keseluruhan pengujian meliputi Fungsionalitas Umum, Keamanan, Kompatibilitas, Kinerja, Usability, Dashboard, dan User Interface mendapatkan nilai kevalidan 100%. Artinya, tiga validator ahli dalam bidangnya menilai bahwa sistem pelatihan ini valid dan berjalan dengan baik sesuai dengan harapan. Evaluasi ini mencerminkan bahwa aplikasi memenuhi semua kriteria yang telah ditetapkan tanpa adanya kesalahan atau kekurangan yang signifikan. Dengan hasil validasi ini, aplikasi dinyatakan siap untuk dilakukan uji selanjutnya terhadap calon pengguna guna mengevaluasi keefektifan dan penerimaan aplikasi dalam penggunaan nyata. Validasi 100% ini memberikan keyakinan bahwa aplikasi telah dikembangkan dengan standar kualitas yang tinggi dan siap untuk mendukung pelatihan pengendalian mutu CT dengan optimal

## Keefektifan kinerja aplikasi pelatihan pengendalian mutu CT berbasis ACR Phantom terintegrasi web

Tahap ini adalah menguji keefektifan kinerja aplikasi pelatihan pengendalian mutu *CT* berbasis *ACR* Phantom terintegrasi *web*. Evaluasi dilakukan melalui uji terbatas dengan metode *pre-test* dan *post-test*, menggunakan variabel tunggal untuk menilai tingkat keefektifan dari aplikasi tersebut. Harapannya, hasil evaluasi ini dapat memberikan gambaran sejauh mana aplikasi ini efektif dalam konteks usabilitas. Metode *pre-test* dan *post-test* memungkinkan penilaian yang komprehensif mengenai perubahan pengetahuan dan keterampilan peserta sebelum dan setelah menggunakan aplikasi. Hasil dari evaluasi ini diharapkan dapat memberikan landasan yang kuat untuk memahami dampak positif dari pengembangan aplikasi ini, serta menjadi dasar bagi penyempurnaan lebih lanjut. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengukur keefektifan aplikasi dalam mendukung pelatihan pengendalian mutu *CT*, tetapi juga menilai kontribusinya terhadap peningkatan kompetensi peserta secara keseluruhan.

Untuk memenuhi syarat instrumen kuesioner yang valid dan reliabel, 7 variabel sebagai dimensi utama dan 14 butir soal sebagai indikator di periksa temuan nilai rhitung harus ≥ rtabel pada α = 0,632 dan rerata nilai *Cronbach’s alpha* harus > 0,632. Adapun variable dimaksud mencakupi aspek pengukuran terhadap *Learnability, Efficiency, Effectiveness, Errors, Satisfaction, privacy,* dan *design.*

Berdasarkan hasil uji validitas menggunakan uji *pearson correlation* diperloeh nilai rata-rata rhitung 0,81 ≥ rtable pada α = 0,632. Sementara itu, nilai cronbach’s alpha yaitu 0,779 adalah > 0,632 yang mana reliebel, maka dapat di simpulkan bahwa instrumen kuesioner telah memenuhi syarat validitas dan reliabilitas sebagai alat pengumpul data yang layak untuk digunakan mengukur keseluruhan aspek variabel pada disain peneltian ini.

Tahap evaluasi ini, dilakukan eksperimen quasi dengan desain one-group *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur dampak aplikasi pelatihan pengendalian mutu *CT* berbasis *ACR* Phantom terintegrasi *web*. Sebanyak 10 pemangku kepentingan pada pelatihan pengendalian mutu *CT Scan*, *X-ray*, dan *MRI* di Program Studi D4 Teknologi Radiologi Pencitraan, Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang, berpartisipasi dalam eksperimen ini. Pendekatan eksperimen ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perubahan kinerja dan keefektifan sistem setelah implementasi aplikasi.

Menggunakan desain one-group *pre-test* dan *post-test*, penelitian ini dapat mengidentifikasi perubahan signifikan dalam pengetahuan dan keterampilan peserta sebelum dan sesudah menggunakan aplikasi. Pendekatan ini memungkinkan penilaian yang komprehensif mengenai dampak aplikasi terhadap pemahaman peserta tentang pengendalian mutu *CT*, X-ray, dan *MRI*. Hasil dari evaluasi ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga mengenai keefektifan aplikasi dalam meningkatkan kompetensi peserta dan menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut, guna memastikan bahwa aplikasi ini dapat memberikan manfaat maksimal dalam konteks pendidikan dan pelatihan radiologi..

Table 2. Hasil Pengujian Statistik Masing-masing indicator penyerta Usability

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Indikator | p-value (Mann Whitney) | Mean Rank | |
| **Pre** | **Post** |
| Learnability | 0.000 | 55.00 | 155.00 |
| Efficiency | 0.000 | 55.00 | 155.00 |
| Effectiveness | 0.000 | 55.00 | 155.00 |
| Errors | 0.000 | 55.00 | 155.00 |
| Satisfaction | 0.000 | 55.00 | 155.00 |
| Privacy | 0.000 | 55.00 | 155.00 |
| Design | 0.000 | 55.00 | 155.00 |

Untuk memastikan bahwa terdapat perubahan yang signifikan lebih lanjut, dilakukan uji beda non-parametrik Mann-Whitney pada masing-masing indikator penyerta *Usability* yaitu Learnability, Efficiency, Effe*CT*iveness, Errors, Satisfa*CT*ion, Privacy, dan Design. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah penggunaan aplikasi. Rata-rata nilai p-value yang dipe*Role*h adalah 0.000, yang berada jauh di bawah ambang batas signifikansi 0.05, menunjukkan adanya perubahan yang signifikan. Selain itu, mean rank rata-rata pada kondisi *pre-test* adalah 55.00, sedangkan pada kondisi *post-test* meningkat menjadi 155.00. Hal ini mengindikasikan bahwa setelah penggunaan aplikasi, terdapat peningkatan yang signifikan dalam indikator *Usability* yang dinilai, mencerminkan peningkatan keseluruhan dalam pengalaman pengguna dan efektivitas aplikasi dalam pelatihan pengendalian mutu *CT*.

Hasil temuan kualitatif dari kesan masing-masing pengguna terhadap aplikasi ini menunjukkan kesan yang sangat positif. Beberapa pengguna menyatakan bahwa aplikasi ini memiliki fitur yang sangat baik dan mengikuti teknologi terbaru, seperti integrasi terhadap sistem *PACS* (Pi*CT*ure Archiving and Communication System). Integrasi ini memungkinkan penyimpanan, pengambilan, dan pengelolaan gambar medis secara efisien, sehingga memudahkan akses dan analisis data medis. Pengguna juga mengapresiasi fitur soal berbasis citra *DICOM* (Digital Imaging and Communications in Medicine), yang memungkinkan mereka untuk melakukan rekonstruksi sederhana terhadap gambar hasil citra medis. Fitur ini memungkinkan penyesuaian kecerahan, kontras, dan pengukuran pada gambar, memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan mendalam. Dengan kemampuan ini, peserta dapat berlatih dan memahami lebih baik tentang analisis citra medis dalam konteks pengendalian mutu *CT*, meningkatkan keterampilan praktis mereka dalam lingkungan yang mendekati situasi nyata.

**Simpulan**

Penelitian ini menghasilkan aplikasi pelatihan pengendalian mutu CT berbasis ACR Phantom yang terintegrasi web, mengatasi kelemahan aplikasi sebelumnya seperti Viewdex. Aplikasi ini mempermudah proses impor data DICOM, pengkodean soal, dan evaluasi otomatis, meningkatkan efisiensi operasional serta pengalaman pengguna. Validasi ahli IT dan QA/QC menunjukkan aplikasi ini memenuhi standar tinggi dalam fungsionalitas, keamanan, kompatibilitas, kinerja, usabilitas, dashboard, dan antarmuka pengguna, dengan kevalidan 100%.

Integrasi dengan Sistem Informasi Rumah Sakit (SIR) akan meningkatkan koordinasi data antara pelatihan dan praktik klinis. Pengembangan modul pelatihan untuk teknologi pencitraan medis lainnya seperti MRI dan Ultrasound akan memperluas cakupan pelatihan. Penelitian dampak ekonomi penerapan aplikasi ini di institusi pendidikan dan rumah sakit diperlukan untuk evaluasi efisiensi biaya dan peningkatan produktivitas.

**Daftar Pustaka**

L. P. Calegari dan D. C. Fettermann, “Analysis of Barriers and Benefits Associated with E-health Technology Applications,” J. Technol. Manag. Innov., vol. 17, no. 4, hal. 106–116, 2022.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan RI No 43 tahun 2019 tentang Health center, vol. Nomor 65, no. 879. 2019, hal. 2004–2006.

Health center Andalas, “Laporan Tahunan Health center Andalas 2022,” 2023.

S. F. N. Tarigan dan T. S. Maksum, “Pemanfaatan Layanan Sistem Informasi E-Health center Dengan Menggunakan Metode Pieces,” Jambura Heal. Sport J., vol. 4, no. 1, hal. 29–36, 2022.

C. Narvaez Rojas, G. A. Alomia Peñafiel, D. F. Loaiza Buitrago, dan C. A. Tavera Romero, “Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society,” Sustain., vol. 13, no. 12, 2021.

C. T. A. Brenna dan S. Das, “The Divided Principle of Justice: Ethical Decision-Making at Surge Capacity,” Am. J. Bioeth., vol. 21, no. 8, hal. 37–39, 2021.

N. Rane, S. Choudhary, dan J. Rane, “Metaverse for Enhancing Customer Loyalty: Effective Strategies to Improve Customer Relationship, Service, Engagement, Satisfaction, and Experience,” Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci., no. 05, hal. 427–452, 2023.

Kemenkes, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2019 Tentang Manajemen Risiko Terintegrasi,” Kementeri. Kesehat. Republik Indones., vol. 25, no. 7, hal. 874–882, 2019.

N. H. Ulumiyah, “Meningkatkan Mutu Pelayanan Kesehatan Dengan Penerapan Upaya Keselamatan Pasien Di Health center,” J. Adm. Kesehat. Indones., vol. 6, no. 2, hal. 149, 2018.

Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2018. 2018, hal. 1–34.

R. Rakasiwi dan N. Latifah Amin, “Overview of Distribution of Medicines and Consumable Medical Materials (Bmhp) from Pharmacy Warehouse Pharmacy Depot to Inpatient Installations of Diseases in General Hospital in South Tangerang City in 2021,” Muhammadiyah Int. Public Heal. Med. Proceeding, vol. 1, no. 1, hal. 137–148, 2021.

M. Alwi, Ade Paranata, dan Putu Karismawan, “Analisis Kebutuhan Sarana Dan prasarana di Kecamatan Selong Sebagai Pusat Pertumbuhan Di Kabupaten Lombok Timur,” J. Econ. Bus., vol. 5, no. 1, hal. 1–17, 2019.

D. Mawarni, S. Sabran, S. T. Puspitasari, dan I. M. K. Wardani, “Gambaran Akreditasi Health center Indonesia Berdasarkan Data Sekunder Dari Riset Fasilitas Kesehatan 2019,” Ikesma, vol. 18, no. 1, hal. 52, 2022.

R. Machmud, Kepuasan Penggunaan Sistem Informasi. 2018.

S. Syafriana, I. Sukandar, dan R. Listiawaty, “Tingkat Kepuasan Pelayanan Kesehatan Di Health center Kebon Handil Kota Jambi Tahun 2020,” J. Kesmas Jambi, vol. 4, no. 2, hal. 17–26, 2020.

M. E. Kruk et al., “High-quality Health Systems in the Sustainable Development Goals Era: Time for a Revolution,” Lancet Glob. Heal., vol. 6, no. 11, hal. e1196–e1252, 2018.

S. Limanto dan Andre, “Information system to enhance medical services quality in Indonesia,” Int. J. Electr. Comput. Eng., vol. 9, no. 3, hal. 2049–2056, 2019.

E. Teisberg, S. Wallace, dan S. O’Hara, “Defining and Implementing Value-Based Health Care: A Strategic Framework,” Acad. Med., vol. 95, no. 5, hal. 682–685, 2020.

P. Apriadi Siregar, L. Mawar, W. R. Chairunnisa, M. Rezkiah, A. N. Hidayah, dan R. D. Purba, “Evaluasi Sistem Informasi Kesehatan Health center Kota Matsum Di Medan Menggunakan Pendekatan Instrumen Health Metrics Network,” Contag. Sci. Period. J. Public Heal. Coast. Heal., vol. 1, no. 01, 2019.

L. R. Kalankesh, Z. Nasiry, R. Fein, dan S. Damanabi, “Factors Influencing User Satisfaction with Information Systems: A Systematic Review,” Galen Med. J., vol. 9, no. June, hal. e1686, 2020.

W. Maryati dan Y. T. Utami, “Optimalisasi Mutu Pelayanan Kesehatan Di Klinik Dengan Implementasi Sistem Informasi Rekam Medis Berbasis Web,” Link, vol. 19, no. 1, hal. 14–18, 2023.

A. Auliyah A, S. Supriyana, B. Santoso, E. A. E. Ningtyas, dan K. Kusno, “Information Technology-Based Educational Video Model For Changes In Gingival Health Status In Adolescents,” J. Heal. Sains, vol. 4, no. 4, hal. 109–124, 2023.

L. Fitriyanti, B. Santoso, Rasipin, dan D. Fatmasari, “Geographic Information System of Dental Caries Management (Sig-Mkg) to Improve the Quality of Information in Dental and Oral Health Services in Health center,” Dent. Health, vol. 6, no. 7, hal. 1225–1230, 2021.

M. Marsum, A. Windari, S. Subinarto, dan N. F. Candra, “Tinjauan Keterlambatan Retensi Dokumen Rekam Medis Di RSUD DR. Soediran Mangun Sumarso Kabupaten Wonogiri,” J. Rekam Medis dan Inf. Kesehat., vol. 1, no. 1, hal. 21, 2018.

D. Bhati, M. S. Deogade, dan D. Kanyal, “Improving Patient Outcomes Through Effective Hospital Administration: A Comprehensive Review,” Cureus, vol. 15, no. 10, 2023.

Y. A. Baker El-Ebiary, “The Effectiveness of Management Information System in Decision-Making,” J. Mech. Contin. Math. Sci., vol. 15, no. 7, 2020.