e-ISSN 2721-2440
p-ISSN 2722-7464

Desain Pembelajaran Adaptif pada Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator: Mengakomodasi Keragaman Peserta dalam Pencapaian Kompetensi

Pramaning Tri Hastari[a,1,*], Rinawati Anwar[a,2], Vera Purba Wisesa[a,3], Dwi Indah Rahayu[a,4]

[a] Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN, Gedung B.J. Habibie Lantai 11, Jalan M.H. Thamrin No. 8, Jakarta
[1] pram005@brin.go.id*; [2] rina003@brin.go.id; [3] vera005@brin.go.id; [4] dwii001@brin.go.id
[*] *corresponding author*

-ARTICLE INFO

Article history
Received:
1 September 2026
Revised:
6 November 2026
Accepted:
6 November 2026

ABSTRAK / ABSTRACT

Kompetensi teknis pekerja di industri yang memakai teknologi radiasi pengion dibangun salah satunya lewat Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator. Keragaman latar belakang pendidikan dan pengalaman kerjanya menuntut desain pembelajaran yang mampu mengakomodasi perbedaan kebutuhan belajar tanpa menurunkan standar kompetensi. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik latar belakang pendidikan peserta, penerapan model pembelajaran, tingkat kelulusan ujian sertifikasi, serta hubungan antara latar belakang pendidikan dan model pembelajaran dengan kelulusan peserta, sekaligus merumuskan rekomendasi penyempurnaan desain pembelajaran adaptif. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitik. Data sekunder dari 64 peserta Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator periode 2025 – 2026 dianalisis menggunakan statistik deskriptif, tabulasi silang, dan uji *Chi-Square*, serta dilengkapi analisis hasil evaluasi pelatihan. Sebanyak 78,1% peserta mengikuti pembelajaran bauran dan 21,9% mengikuti pembelajaran tatap muka penuh. Tingkat kelulusan ujian sertifikasi mencapai 51,6%, sementara 48,4% peserta belum lulus. Uji *Chi-Square* menunjukkan tidak terdapat hubungan signifikan antara latar belakang pendidikan dan kelulusan ($\chi^2 = 1{,}081$; $p = 0{,}298$), maupun antara model pembelajaran dan kelulusan ($\chi^2 = 0{,}000$; $p = 1{,}000$). Namun, evaluasi peserta menunjukkan bahwa pembelajaran tatap muka dinilai lebih membantu pemahaman materi teknis dibandingkan pembelajaran daring. Berdasarkan temuan tersebut, diusulkan Model Desain Pembelajaran Adaptif yang mempertimbangkan karakteristik peserta dan kompleksitas materi dalam menentukan proporsi pembelajaran daring dan tatap muka. Model ini diharapkan mendukung penyempurnaan pelatihan sertifikasi teknis yang lebih sesuai dengan kebutuhan belajar peserta dan tetap berorientasi pada pencapaian standar kompetensi.

The technical competence of workers in industries that use ionizing radiation technology is developed, one of which is through the Irradiator Officer Certification Training. The diversity of educational backgrounds and work experiences requires a learning design that can accommodate differences in learning needs without lowering competency standards. This study aims to analyze the characteristics of the educational background of participants, the application of learning models, the pass rate of the certification exam, and the relationship between educational background and learning models with participant pass rates, while also formulating recommendations for improving the adaptive learning design. The study used a quantitative approach with descriptive-analytical methods. Secondary data from 64 participants of the Irradiator Officer Certification Training for the 2025-2026 period were analyzed using descriptive statistics, cross-tabulations, and Chi-Square tests, and supplemented by analysis of training evaluation results. A total of 78.1% of participants participated in blended learning and 21.9% participated in full face-to-face learning. The pass rate for the certification exam reached 51.6%, while 48.4% of participants did not pass. The Chi-Square test showed no significant relationship between educational background and graduation ($\chi^2 = 1.081$; $p = 0.298$), nor between learning model and graduation ($\chi^2 = 0.000$; $p = 1.000$). However, participant evaluations indicated that face-to-face learning was considered more helpful in understanding technical material than online learning. Based on these findings, an Adaptive Learning Design Model is proposed that considers participant characteristics and material complexity in determining the proportion of online and face-to-face learning. This model is expected to support the improvement of technical certification training that is more suited to participant learning needs and remains oriented towards achieving competency standards.

This is an open access article under the CC–BY-SA license.

Kata Kunci: Latar belakang pendidikan, pembelajaran bauran, pembelajaran tatap muka, kelulusan ujian sertifikasi, pembelajaran adaptif
Keywords: *Educational background, blended learning, face-to-face learning, technical competence, certification examination results, adaptive learning*

e-ISSN 2722-2440
p_ISSN 2721-7464

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Paradigma penyelenggaraan pengembangan kompetensi sudah berubah di banyak sektor. Pendidikan dan pelatihan profesional termasuk di dalamnya. Perubahan itu didorong oleh transformasi digital. Teknologi informasi kemudian dipakai lebih luas, baik melalui pembelajaran daring (*online learning*) maupun pembelajaran bauran (*blended learning*). Alasannya sederhana. Fleksibilitas pembelajaran dapat ditingkatkan, akses terhadap sumber belajar dapat diperluas, dan efisiensi penyelenggaraan pelatihan ikut terdukung. Dari berbagai penelitian ditunjukkan bahwa keterlibatan peserta, kualitas pengalaman belajar, dan capaian pembelajaran dapat ditingkatkan lewat pembelajaran bauran, asalkan rancangannya disesuaikan dengan karakteristik peserta, tujuan pembelajaran, dan konteks pelatihan (Kintu *et al.*, 2017)(Dziuban *et al.*, 2018) (Garrison & Kanuka, 2004; Means *et al.*, 2013). Meskipun begitu, efektivitas pembelajaran bauran tidak berlaku sama di semua kondisi. Pada pelatihan yang menuntut penguasaan kompetensi teknis, keterampilan praktis, dan aspek keselamatan kerja, desain pembelajaran perlu disesuaikan dengan karakteristik materi serta kebutuhan peserta (Boelens *et al.*, 2017; Hrastinski, 2019). Dengan begitu tujuan pembelajaran dapat dicapai secara optimal.

Salah satu pelatihan dengan karakteristik seperti itu adalah Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator. Pelatihan ini ditujukan untuk menyiapkan tenaga teknis yang kompeten. Fasilitas iradiasi harus dioperasikan sesuai prinsip keselamatan radiasi, keamanan sumber radiasi, dan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang ketenaganukliran. Teknologi iradiasi sendiri makin berkembang pada sektor industri, kesehatan, penelitian, dan pengolahan pangan. Kebutuhan terhadap sumber daya manusia pun ikut bertambah, yaitu tenaga yang menguasai kompetensi teknis sekaligus memegang budaya keselamatan (*safety culture*) yang kuat. Oleh sebab itu, pelatihan sertifikasi dijadikan bagian penting dari sistem penjaminan kompetensi personel yang bekerja pada fasilitas iradiasi (IAEA, 2010) (Peraturan BAPETEN No 4 Tahun 2024 Tentang Izin Bekerja Petugas Pada Fasilitas Radiasi Dan/Atau Kegiatan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion, 2024).

Di Indonesia, penyelenggaraan pelatihan di bidang ketenaganukliran salah satunya didasarkan pada Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2024 tentang Izin Bekerja Petugas pada Fasilitas Radiasi dan/atau Kegiatan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion. Di dalam peraturan tersebut diatur beberapa hal, yaitu persyaratan izin bekerja, kewajiban petugas, serta pelatihan bagi petugas pada fasilitas radiasi dan/atau kegiatan pemanfaatan sumber radiasi pengion. Jadi, pelatihan sertifikasi tidak hanya dijalankan sebagai proses pembelajaran. Pelatihan ini juga dipakai sebagai mekanisme untuk memastikan kompetensi yang dipersyaratkan sudah dimiliki petugas dalam menjalankan tugasnya (Peraturan BAPETEN No 4 Tahun 2024 Tentang Izin Bekerja Petugas Pada Fasilitas Radiasi Dan/Atau Kegiatan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion, 2024). Kewajiban untuk menyediakan personel yang kompeten pada fasilitas radiasi juga sudah diamanatkan dalam Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, serta Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir (Republik Indonesia, 1997, 2007, 2008). Ketentuan tersebut sejalan dengan standar keselamatan internasional yang mensyaratkan pekerja radiasi dilatih dan dinyatakan kompeten sebelum bertugas (IAEA, 2014).

Dibandingkan dengan sebagian besar pelatihan teknis lain, Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator memiliki karakteristik yang berbeda. Pesertanya dikirim dari berbagai perusahaan industri yang memanfaatkan teknologi iradiasi. Latar belakang pendidikan, pengalaman kerja, dan kemampuan awal mereka beragam. Sebagian peserta berbekal pendidikan yang relevan, seperti teknik, fisika, kimia, atau bidang sains lainnya. Sebagian lagi berasal dari disiplin ilmu yang berbeda, tetapi pengalaman bekerja pada fasilitas iradiasi sudah mereka miliki. Keragaman karakteristik seperti ini menjadi tantangan bagi penyelenggara pelatihan. Proses pembelajaran harus dirancang agar seluruh peserta terakomodasi, sementara pencapaian standar kompetensi yang sudah ditetapkan tetap dijaga.

Untuk mengakomodasi karakteristik peserta tersebut, pembelajaran bauran diterapkan pada penyelenggaraan Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator melalui kombinasi pembelajaran daring dan pembelajaran tatap muka. Pembelajaran daring dipakai untuk penyampaian materi konseptual dan penguasaan teori. Pembelajaran tatap muka dipakai untuk diskusi, pendalaman materi, studi kasus, praktikum, serta ujian pelatihan. Lewat pendekatan ini, fleksibilitas penyelenggaraan pembelajaran diperoleh. Kesempatan interaksi langsung antara peserta dan pengajar juga tetap disediakan (Dziuban *et al.*, 2018).

Meskipun begitu, hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan memperlihatkan hal lain. Masukan disampaikan sebagian peserta bahwa proporsi pembelajaran tatap muka perlu ditambah, khususnya untuk materi-materi teknis. Menurut peserta, penyampaian materi secara daring menyulitkan pemahaman terhadap konsep yang kompleks. Contohnya keselamatan radiasi, pengoperasian iradiator, dan penyelesaian permasalahan teknis yang butuh penjelasan serta diskusi secara langsung. Masukan tersebut paling banyak datang dari peserta yang latar belakang pendidikannya di luar bidang teknik atau sains. Dari sini terlihat bahwa fleksibilitas yang ditawarkan pembelajaran

e-ISSN 2722-2440
p-ISSN 2721-7464

bauran perlu diimbangi. Desain pembelajaran harus tetap memperhitungkan kompleksitas materi dan karakteristik peserta.

Secara teoritis, kondisi tersebut dapat diterangkan melalui teori *Transfer of Training* dari Baldwin dan Ford (Baldwin & Ford, 1988). Melalui teori ini dijelaskan bahwa efektivitas pelatihan dipengaruhi tiga komponen utama, yaitu karakteristik peserta (*trainee characteristics*), desain pelatihan (*training design*), dan lingkungan kerja (*work environment*). Kesiapan belajar dipengaruhi oleh karakteristik peserta, misalnya kemampuan awal, pengalaman kerja, motivasi, dan latar belakang pendidikan. Walaupun demikian, proses pembelajaran tetap dapat difasilitasi lewat desain pelatihan yang baik. Peserta dengan karakteristik berbeda pun tetap diberi kesempatan yang sama untuk mencapai kompetensi yang dipersyaratkan. Jadi, keberhasilan pelatihan ditentukan dua hal sekaligus, yaitu siapa pesertanya dan bagaimana proses pembelajaran dirancang. Kerangka ini sudah diuji ulang melalui meta-analisis dan tinjauan lanjutan, dan ketiga komponen tersebut tetap terbukti berpengaruh terhadap transfer hasil pelatihan ke tempat kerja (Blume *et al.*, 2010; Grossman & Salas, 2011).

Selain itu, ada teori pembelajaran orang dewasa (andragogi) yang dikembangkan Malcolm Knowles (Knowles *et al.*, 2015). Di dalamnya dinyatakan bahwa orang dewasa belajar lebih efektif ketika pembelajaran punya relevansi langsung dengan tugas atau peran pekerjaan mereka. Pengalaman sebelumnya juga dimanfaatkan sebagai sumber belajar, dan orientasinya diarahkan pada pemecahan masalah nyata. Dalam proses pembelajaran, hasil belajar peserta dewasa cenderung lebih baik apabila kesempatan berpartisipasi aktif diberikan, misalnya lewat diskusi, refleksi, dan berbagi pengalaman. Karena itu, karakteristik tersebut perlu diperhitungkan dalam desain pembelajaran bagi peserta dewasa supaya proses belajar terasa lebih bermakna dan pencapaian kompetensi ikut terdukung. Pada pelatihan sertifikasi teknis, hal ini makin penting. Peserta tidak hanya dituntut memahami konsep, tetapi juga harus mampu menerapkannya pada situasi kerja yang sebenarnya.

Pembelajaran adaptif dan pembelajaran berdiferensiasi adalah metode yang dapat diterapkan untuk memenuhi variasi dalam kemampuan serta kebutuhan belajar peserta. Pembelajaran adaptif fokus pada penyesuaian materi, teknik, dan tingkat kesulitan materi berdasarkan kemampuan awal dan perkembangan peserta selama proses belajar. Di sisi lain, pembelajaran berdiferensiasi memperhatikan perbedaan dalam kesiapan, ketertarikan, dan karakteristik siswa melalui penyesuaian materi, metode, dan aktivitas pembelajaran. Dalam program pelatihan sertifikasi teknis, kedua metode ini dapat diimplementasikan dengan memberikan pengalaman serta dukungan belajar yang sesuai dengan kebutuhan peserta, tanpa mengubah standar kompetensi yang harus dicapai.

Selain memperhatikan karakteristik dan kebutuhan belajar peserta, penyampaian materi juga perlu disesuaikan dengan kemampuan peserta dalam menerima dan mengolah informasi. Hal ini dijelaskan melalui *Cognitive Load Theory* (CLT). Dalam CLT dijelaskan bahwa efektivitas pembelajaran dipengaruhi kemampuan desain pembelajaran dalam mengelola beban kognitif peserta, sesuai kapasitas *working memory* (Skulmowski & Xu, 2022). Teori ini pertama kali dirumuskan oleh Sweller (1988) dan terus dikembangkan sampai sekarang (Paas & van Merriënboer, 2020; Sweller *et al.*, 2019). Pada materi dengan kompleksitas tinggi, pembelajaran perlu dirancang secara terstruktur. Penjelasan disusun sistematis, demonstrasi diberikan, latihan dibuat bertahap, dan umpan balik disampaikan cepat supaya pemahaman peserta terbangun lebih efektif. Selain itu, kompleksitas materi (*element interactivity*) harus diperhitungkan ketika strategi pembelajaran ditentukan. Makin tinggi kompleksitas materi, makin besar pula beban kognitif yang harus dikelola peserta. Karena itu, metode pembelajaran perlu dipilih sesuai karakteristik materi dan karakteristik peserta agar proses pembelajaran berjalan optimal (Skulmowski & Xu, 2022).

Dari berbagai penelitian terdahulu telah dibuktikan bahwa fleksibilitas, keterlibatan peserta, dan hasil pembelajaran dapat ditingkatkan melalui pembelajaran bauran, baik pada konteks pendidikan maupun pelatihan profesional (Kintu *et al.*, 2017) (Dziuban *et al.*, 2018) (Bernard *et al.*, 2014; Means *et al.*, 2013). Meskipun begitu, sebagian besar penelitian itu dikerjakan pada pendidikan formal atau pelatihan yang berorientasi pada peningkatan pengetahuan umum. Di bidang ketenaganukliran, fokus penelitian umumnya diarahkan pada peningkatan kompetensi peserta atau efektivitas penyelenggaraan pelatihan secara umum (Hastari *et al.*, 2025). Kajian yang secara khusus menilai kesesuaian desain pembelajaran pada pelatihan sertifikasi teknis masih jarang. Padahal keragaman latar belakang pendidikan peserta, hasil kelulusan sertifikasi, dan umpan balik peserta terhadap proses pembelajaran perlu ikut diperhitungkan. Kondisi tersebut memperlihatkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) yang masih perlu dikaji lebih lanjut. Dalam kepustakaan internasional, kajian tentang efektivitas pelatihan kerja pun lebih banyak dipusatkan pada hasil belajar dan transfer pelatihan secara umum, bukan pada kesesuaian moda pembelajaran dengan karakteristik peserta pada pelatihan sertifikasi teknis (Bell *et al.*, 2017; Kraiger & Ford, 2021).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi desain pembelajaran pada Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator. Yang dianalisis meliputi karakteristik latar belakang pendidikan peserta, penerapan pembelajaran bauran, tingkat kelulusan ujian sertifikasi, serta umpan balik peserta terhadap proses pembelajaran.

e-ISSN 2722-2440
p_ISSN 2721-7464

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada perumusan desain pembelajaran adaptif untuk pelatihan sertifikasi teknis ketenaganukliran. Dalam rumusan itu, karakteristik peserta dan kompleksitas materi dijadikan pertimbangan ketika moda pembelajaran ditentukan, dengan dasar analisis data kelulusan dan umpan balik peserta. Hasil penelitian diharapkan dipakai sebagai masukan bagi penyelenggara pelatihan untuk menentukan proporsi pembelajaran daring dan tatap muka yang sesuai, sehingga pengembangan kompetensi dapat berjalan lebih efektif dan berkelanjutan.

Dari berbagai penelitian telah ditunjukkan bahwa pembelajaran bauran (*blended learning*) merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan fleksibilitas, keterlibatan peserta, dan hasil pembelajaran pada berbagai konteks pendidikan maupun pelatihan profesional. Menurut Graham (2006), pembelajaran bauran bukan sekadar penggabungan pembelajaran daring dan tatap muka. Keduanya justru harus diintegrasikan secara strategis, sesuai karakteristik peserta, tujuan pembelajaran, dan materi yang diajarkan (Graham, 2006; Hrastinski, 2019). Berikutnya, oleh Kintu, Zhu, dan Kagambe (2017) dibuktikan bahwa keberhasilan pembelajaran bauran dipengaruhi karakteristik peserta, kualitas desain pembelajaran, serta lingkungan belajar (Kintu *et al.*, 2017). Hal serupa ditegaskan Dziuban *et al*. (2018). Pembelajaran bauran sudah menjadi paradigma baru dalam pengembangan pembelajaran karena pengalaman belajar dapat ditingkatkan apabila penerapannya sesuai konteks (Dziuban *et al.*, 2018). Di sisi lain, melalui teori *Transfer of Training* dijelaskan oleh Baldwin dan Ford (1988) bahwa efektivitas pelatihan tidak ditentukan karakteristik peserta saja. Desain pelatihan dan lingkungan kerja yang mendukung transfer kompetensi ikut berperan. Sementara itu, di bidang ketenaganukliran penelitian umumnya lebih dipusatkan pada peningkatan kompetensi peserta dan tingkat kelulusan sertifikasi. Kesesuaian desain pembelajaran dengan karakteristik peserta yang heterogen belum dikaji secara komprehensif (Hastari *et al.*, 2025). Jadi, masih tersisa ruang untuk mengkaji bagaimana desain pembelajaran pada pelatihan sertifikasi teknis dapat dioptimalkan. Keragaman latar belakang pendidikan peserta perlu diakomodasi, sementara pencapaian kompetensi yang dipersyaratkan tetap dijamin. Kesenjangan itu diisi dalam penelitian ini. Desain pembelajaran pada Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator dievaluasi melalui integrasi analisis karakteristik peserta, hasil kelulusan ujian sertifikasi, dan umpan balik peserta terhadap proses pembelajaran, sehingga rekomendasi desain pembelajaran yang lebih adaptif dapat dihasilkan bagi pelatihan sertifikasi teknis.

Hasil penelitian ini diharapkan tidak berhenti pada rekomendasi bagi penyelenggaraan Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator. Hasilnya juga diharapkan dijadikan acuan dalam merancang desain pembelajaran yang adaptif pada berbagai pelatihan sertifikasi teknis, sebagai bagian dari upaya membangun ekosistem pembelajaran yang berdampak dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator diselenggarakan supaya kompetensi setiap peserta memenuhi standar keselamatan dan persyaratan sertifikasi di bidang ketenaganukliran. Masalahnya, peserta pelatihan datang dari latar belakang pendidikan dan pengalaman kerja yang beragam. Kesiapan awal mereka pun berbeda ketika proses pembelajaran diikuti. Untuk mengakomodasi keragaman itu, diterapkan pembelajaran bauran yang menggabungkan pembelajaran daring dan tatap muka. Dalam pelaksanaannya, umpan balik disampaikan peserta bahwa penyampaian materi teknis secara daring masih menyulitkan pemahaman, khususnya bagi peserta tanpa latar belakang pendidikan yang relevan. Dari kondisi tersebut muncul pertanyaan, yaitu sejauh mana desain pembelajaran yang diterapkan sudah mengakomodasi karakteristik peserta sekaligus mendukung pencapaian kompetensi yang dipersyaratkan. Berdasarkan permasalahan itu, penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan berikut:

1. Bagaimana karakteristik latar belakang pendidikan peserta Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator?
2. Bagaimana penerapan model pembelajaran dalam Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator?
3. Bagaimana tingkat kelulusan peserta pada ujian sertifikasi iradiator?
4. Bagaimana hubungan antara karakteristik peserta dan penerapan pembelajaran bauran dengan hasil kelulusan ujian sertifikasi, dan umpan balik peserta terhadap penyempurnaan desain pembelajaran adaptif pada Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini ditujukan untuk menganalisis karakteristik peserta, penerapan pembelajaran bauran, dan hasil sertifikasi pada pelatihan sertifikasi petugas iradiator. Selain itu, keterkaitan antara latar belakang pendidikan dan pembelajaran bauran dengan kelulusan peserta juga dikaji, sebagai dasar penyempurnaan desain pelatihan berbasis kompetensi. Secara khusus, tujuan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.

1. Menganalisis karakteristik latar belakang pendidikan peserta pada pelatihan sertifikasi petugas iradiator.
2. Menganalisis penerapan model pembelajaran pada pelatihan sertifikasi petugas iradiator.

e-ISSN 2722-2440
p-ISSN 2721-7464

3. Menganalisis tingkat kelulusan peserta dalam ujian sertifikasi petugas iradiator.
4. Menganalisis hubungan latar belakang pendidikan dan penerapan pembelajaran bauran dengan kelulusan peserta, serta merumuskan rekomendasi penyempurnaan desain pembelajaran adaptif Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator berdasarkan hasil analisis dan umpan balik peserta.

2. Metodologi

Dalam penelitian ini digunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitik. Penerapan pembelajaran bauran dalam Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator dievaluasi lewat pendekatan tersebut. Pendekatan kuantitatif dipilih karena hubungan antarvariabel perlu diukur dan dianalisis memakai data numerik. Metode deskriptif-analitik dipakai untuk menggambarkan karakteristik peserta, implementasi pembelajaran, serta keterkaitan antarvariabel yang diteliti (Creswell & Creswell, 2017).

Penelitian dilaksanakan pada penyelenggaraan Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator oleh Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN. Populasi penelitian adalah seluruh peserta pelatihan sertifikasi petugas iradiator pada periode 2025–2026. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *total sampling*, yaitu seluruh anggota populasi dijadikan sampel penelitian. Teknik ini dipilih karena jumlahnya relatif terbatas dan data yang dibutuhkan tersedia lengkap untuk dianalisis. Dari kriteria tersebut diperoleh sampel sebanyak 64 peserta. Seluruh data diperoleh dari Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN di Jakarta, lalu diolah oleh peneliti pada tahun 2026.

Pengumpulan data dilakukan dengan teknik dokumentasi, yaitu menelaah dokumen resmi penyelenggaraan pelatihan yang tersedia di Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN. Data yang dipakai merupakan data sekunder dari dokumen resmi penyelenggaraan pelatihan. Cakupannya meliputi latar belakang pendidikan peserta, metode pembelajaran yang diterapkan, hasil ujian sertifikasi, serta hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan. Penggunaan data sekunder dinilai tepat karena pelaksanaan pelatihan dievaluasi berdasarkan dokumen yang sudah tersedia, tanpa intervensi terhadap proses pembelajaran (Creswell & Creswell, 2017).

Variabel penelitian dibagi menjadi variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen mencakup latar belakang pendidikan peserta, yang diklasifikasikan menjadi pendidikan relevan dan tidak relevan dengan bidang ketenaganukliran. Termasuk juga metode pembelajaran, yaitu pembelajaran bauran (*blended learning*) dan pembelajaran tatap muka penuh (*full face-to-face learning*). Variabel dependennya adalah hasil ujian sertifikasi iradiator, yang dikategorikan lulus dan tidak lulus menurut ketentuan penyelenggara sertifikasi. Pengelompokan variabel tersebut didasarkan pada konsep evaluasi pelatihan. Menurut konsep itu, karakteristik peserta dan desain pembelajaran merupakan faktor penting yang memengaruhi capaian pelatihan (Noe, 2017). Pengelompokan yang sama dipakai dalam kajian evaluasi pelatihan yang menempatkan karakteristik peserta dan desain pelatihan sebagai faktor masukan utama (Bell *et al.*, 2017; Salas *et al.*, 2012).

Agar batasan setiap variabel menjadi jelas, definisi operasional penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Definisi Variabel Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Skala
Latar belakang pendidikan	Pendidikan peserta diklasifikasikan menjadi relevan (teknik, fisika, kimia, elektro, elektronika, energi, dan bidang teknis sejenis) dan tidak relevan	Nominal
Metode pembelajaran	Model pembelajaran yang diterapkan selama pelatihan, yaitu pembelajaran bauran dan pembelajaran tatap muka penuh	Nominal
Hasil ujian sertifikasi	Status kelulusan peserta berdasarkan hasil ujian sertifikasi (lulus/tidak lulus)	Nominal

Sumber: Diolah oleh peneliti (2026) dari dokumen penyelenggaraan Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator, Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN, periode 2025–2026

Pengumpulan data dikerjakan dengan teknik dokumentasi. Dokumen administrasi pelatihan ditelaah, begitu pula data peserta, hasil evaluasi pembelajaran, hasil ujian sertifikasi, serta laporan evaluasi penyelenggaraan pelatihan. Teknik dokumentasi dipilih karena informasi yang objektif dan sistematis dapat disediakan, sesuai kebutuhan penelitian evaluatif (Creswell & Creswell, 2017).

Analisis data dikerjakan bertahap. Pada tahap pertama dipakai statistik deskriptif untuk menggambarkan distribusi karakteristik peserta menurut latar belakang pendidikan, metode pembelajaran yang diterapkan, serta tingkat kelulusan ujian sertifikasi. Melalui statistik deskriptif, data disajikan dalam bentuk frekuensi, persentase, tabel, dan grafik sehingga karakteristik data lebih mudah dipahami (Field, 2018).

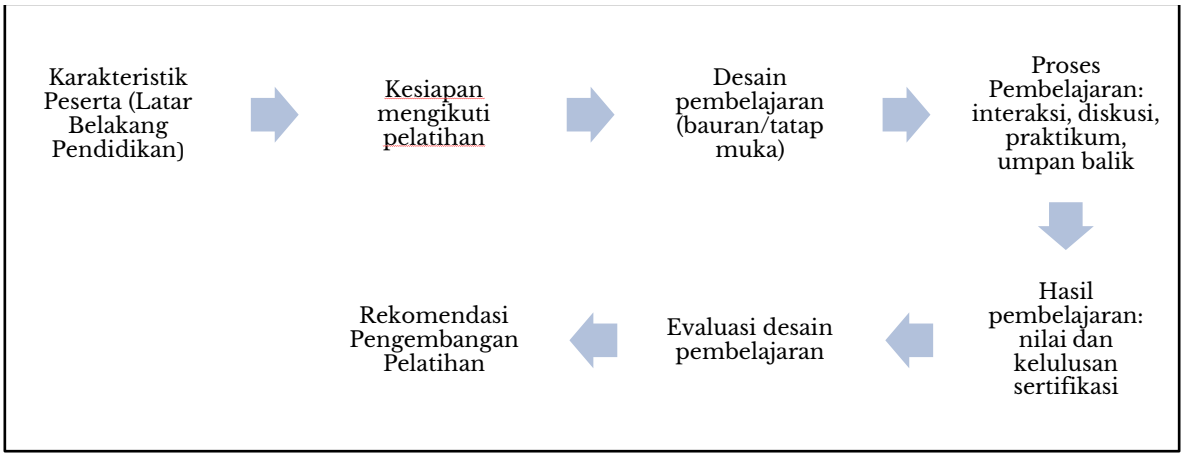
e-ISSN 2722-2440
p_ISSN 2721-7464
Jurnal Widyaiswara Indonesia Vol. 7, No. 1, Maret 2026, pp. 13-26

Pada tahap berikutnya dipakai tabulasi silang (*cross-tabulation*). Distribusi kelulusan peserta digambarkan menurut kategori latar belakang pendidikan maupun metode pembelajaran. Analisis ini dipakai untuk mengetahui kecenderungan hubungan antarvariabel sebelum pengujian statistik inferensial dilakukan.

Sesudah itu dilakukan uji *Chi-Square*. Yang diuji adalah ada atau tidaknya hubungan antara latar belakang pendidikan dengan kelulusan ujian sertifikasi, serta antara metode pembelajaran dengan kelulusan peserta. Uji *Chi-Square* dipilih karena seluruh variabel penelitian berskala nominal dan hubungan antara dua variabel kategorik perlu diuji (Field, 2018). Uji ini sesuai dipakai untuk data frekuensi dalam tabel kontingensi 2×2 (McHugh, 2013). Pengujian dijalankan pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0{,}05$). Nilai $p < 0{,}05$ diartikan sebagai adanya hubungan yang signifikan secara statistik.

Selain analisis statistik, dimanfaatkan pula analisis deskriptif terhadap hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan, khususnya masukan dan saran peserta mengenai pelaksanaan pembelajaran dalam pelatihan. Analisis ini dipakai untuk memperkaya interpretasi hasil statistik. Dengan begitu, evaluasi desain pembelajaran tidak hanya bersandar pada capaian kelulusan, tetapi pengalaman belajar peserta ikut diperhitungkan. Pendekatan ini sejalan dengan konsep evaluasi pelatihan yang menekankan pentingnya data kuantitatif dan informasi kontekstual diintegrasikan supaya rekomendasi yang dihasilkan lebih komprehensif (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006) (Noe, 2017).

Prinsip etika penelitian diterapkan dalam penelitian ini. Kerahasiaan identitas peserta dijaga, data hanya dipakai untuk kepentingan penelitian, dan seluruh hasil analisis disajikan dalam bentuk agregat. Penggunaan data sekunder baru dilakukan sesudah izin diperoleh dari penyelenggara pelatihan. Seluruh informasi yang dipublikasikan pun tidak memuat identitas pribadi peserta, sehingga prinsip kerahasiaan dan etika penelitian tetap terpenuhi (Creswell & Creswell, 2017).



Gambar 1. Diagram alur penelitian
Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini disajikan hasil penelitian mengenai karakteristik peserta Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator, penerapan model pembelajaran, tingkat kelulusan ujian sertifikasi, serta keterkaitan antara latar belakang pendidikan dan model pembelajaran dengan kelulusan peserta. Analisis dikerjakan memakai statistik deskriptif, tabulasi silang, dan uji *Chi-Square*. Hasilnya kemudian diperkaya dengan pembahasan berdasarkan teori, hasil penelitian sebelumnya, serta masukan peserta dari evaluasi penyelenggaraan pelatihan. Pembahasan tidak dibatasi pada hasil analisis statistik. Makna hasil penelitian ikut diinterpretasikan, begitu pula implikasinya terhadap pengembangan desain pembelajaran pada pelatihan sertifikasi teknis. Lewat pendekatan tersebut diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan pelatihan, sekaligus dihasilkan rekomendasi untuk penyempurnaan penyelenggaraan pelatihan di masa mendatang.

3.1. Karakteristik Peserta Pelatihan Sertifikasi Iradiator

Pada bagian ini disajikan profil peserta menurut latar belakang pendidikan, sebagai gambaran kondisi awal (*entry behavior*) sebelum pelatihan diikuti. Karakteristik peserta termasuk faktor yang memengaruhi efektivitas proses pembelajaran. Kesiapan peserta dalam menerima materi, memahami konsep teknis, dan mengembangkan kompetensi yang dipersyaratkan ikut ditentukan olehnya (Baldwin & Ford, 1988).

Berdasarkan hasil penelitian, peserta Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator diketahui berasal dari latar belakang pendidikan yang beragam. Dari 64 peserta pada periode 2025–2026, sebanyak 50 peserta (78,1%) berlatar

e-ISSN 2722-2440
p-ISSN 2721-7464

belakang pendidikan yang relevan dan 14 peserta (21,9%) berlatar belakang pendidikan yang tidak relevan (lihat Tabel 3). Sebagian memiliki latar belakang yang relevan dengan bidang ketenaganukliran, seperti teknik, fisika, kimia, elektronika, dan bidang teknik lainnya. Sebagian lain datang dari disiplin ilmu eksakta yang tidak berkaitan langsung dengan bidang tersebut. Lewat keragaman ini tercermin kondisi nyata di industri. Tenaga kerja yang mengoperasikan fasilitas iradiasi tidak selalu berasal dari program studi yang sama, tetapi kompetensinya diperoleh melalui pengalaman kerja dan pelatihan sertifikasi.

Dari kondisi tersebut terlihat bahwa tantangan dihadapi penyelenggara pelatihan dalam menyelenggarakan pembelajaran yang mampu mengakomodasi variasi kemampuan awal peserta. Menurut Baldwin dan Ford (1988), karakteristik peserta, termasuk kemampuan awal dan latar belakang pendidikan, merupakan salah satu faktor yang memengaruhi keberhasilan pelatihan (Blume *et al.*, 2010). Meskipun begitu, faktor tersebut bukan satu-satunya penentu. Kesenjangan kemampuan awal antarpeserta masih dapat dikurangi melalui desain pelatihan yang tepat. Pendapat ini diperkuat Noe (2017). Pelatihan berbasis kompetensi harus dirancang supaya peserta dengan pengalaman dan kemampuan berbeda tetap diberi kesempatan mencapai standar kompetensi yang sama.

Berdasarkan hasil penelitian ini, keragaman latar belakang pendidikan ternyata bukan hambatan dalam penyelenggaraan Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator. Keragaman itu justru dijadikan dasar bagi penyelenggara untuk merancang strategi pembelajaran yang adaptif. Jadi, fokus penyelenggaraan pelatihan tidak berhenti pada penyampaian materi. Perbedaan kemampuan awal peserta juga harus dijembatani oleh proses pembelajaran, sehingga peluang seluruh peserta untuk mencapai kompetensi yang dipersyaratkan menjadi setara.

3.2. Implementasi Pembelajaran pada Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator

Pada periode penelitian, Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator diselenggarakan dengan dua pendekatan pembelajaran, yaitu pembelajaran bauran (*blended learning*) dan pembelajaran tatap muka penuh (*full face-to-face learning*). Keduanya diterapkan pada penyelenggaraan pelatihan yang berbeda. Sebanyak 50 peserta (78,1%) mengikuti pembelajaran bauran dan 14 peserta (21,9%) mengikuti pembelajaran tatap muka penuh (lihat Tabel 4). Dalam pembelajaran bauran, pembelajaran daring dipakai untuk penyampaian materi teori, lalu dikombinasikan dengan pembelajaran tatap muka untuk diskusi, praktikum, dan ujian pelatihan. Sebaliknya, pada pembelajaran tatap muka penuh seluruh kegiatan dijalankan secara tatap muka, baik materi teori maupun praktikum.

Secara konseptual, berbagai keunggulan ditawarkan pembelajaran bauran. Waktu belajar menjadi fleksibel, penyelenggaraan lebih efisien, dan materi dapat dipelajari peserta secara mandiri sebelum sesi tatap muka diikuti (Dziuban *et al.*, 2018). Meskipun begitu, efektivitas pembelajaran bauran sangat dipengaruhi karakteristik peserta dan kompleksitas materi yang dipelajari (Kintu *et al.*, 2017). Hasil meta-analisis pun memperlihatkan bahwa keunggulan pembelajaran bauran atas pembelajaran tatap muka sangat bergantung pada cara kedua moda tersebut dipadukan dan pada kesesuaiannya dengan materi yang diajarkan (Bernard *et al.*, 2014; Means *et al.*, 2013; Sitzmann *et al.*, 2006).

Berdasarkan hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan, masukan disampaikan sebagian peserta agar materi-materi teknis lebih banyak diberikan lewat pembelajaran tatap muka. Menurut peserta, penyampaian materi secara daring menyulitkan pemahaman terhadap konsep yang kompleks. Materi yang dimaksud berkaitan dengan keselamatan radiasi, pengoperasian iradiator, dan studi kasus. Masukan itu terutama datang dari peserta tanpa latar belakang pendidikan yang relevan, sehingga pembelajaran secara tatap muka lebih mereka butuhkan.

Hasil tersebut dapat diterangkan lewat *Cognitive Load Theory* yang dikembangkan Sweller (1988). Menurut teori itu, materi dengan tingkat kompleksitas tinggi menuntut strategi pembelajaran yang mampu menekan beban kognitif peserta. Melalui interaksi langsung dengan pengajar, penjelasan, contoh, dan umpan balik dapat diperoleh peserta dengan cepat. Pemahaman terhadap materi pun menjadi lebih efektif dibandingkan penyampaian materi secara daring. Bagi peserta pemula, bimbingan langsung seperti ini terbukti lebih efektif daripada pembelajaran dengan bimbingan minimal, karena beban pada memori kerja dapat dikendalikan (Kirschner *et al.*, 2006; Sweller *et al.*, 2019).

Dengan demikian, berdasarkan hasil penelitian, manfaat pembelajaran bauran sebagai strategi yang fleksibel tetap ada. Hanya saja, pada pelatihan sertifikasi teknis yang menuntut penguasaan konsep kompleks dan keterampilan praktis, proporsi pembelajaran tatap muka perlu diperkuat supaya proses pembelajaran lebih cocok dengan kebutuhan peserta.

3.3. Tingkat Kelulusan Peserta pada Ujian Sertifikasi Iradiator

Kelulusan pada ujian sertifikasi dipakai sebagai indikator utama keberhasilan peserta dalam mencapai standar kompetensi untuk menjalankan tugas sebagai petugas iradiator. Dalam penelitian ini, tingkat kelulusan dianalisis supaya capaian hasil pembelajaran tergambar. Efektivitas penyelenggaraan pelatihan dalam menyiapkan peserta menghadapi proses sertifikasi juga ikut dievaluasi.

e-ISSN 2722-2440
p_ISSN 2721-7464

Dari hasil analisis terhadap 64 peserta, sebanyak 33 peserta (51,6%) dinyatakan lulus. Sisanya, 31 peserta (48,4%), dinyatakan belum lulus pada ujian sertifikasi. Distribusi tingkat kelulusan peserta disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Kelulusan Peserta Ujian Sertifikasi Iradiator

Status Kelulusan	Jumlah	Persentase (%)
Lulus	33	51,6
Belum lulus	31	48,4
Total	64	100,0

Sumber: Data sekunder hasil ujian sertifikasi Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator periode 2025–2026, Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN (diolah oleh peneliti, 2026)

Dari hasil tersebut terlihat bahwa standar kompetensi yang dipersyaratkan dalam ujian sertifikasi sudah dipenuhi lebih dari separuh peserta. Meskipun begitu, proporsi peserta yang belum lulus masih cukup besar. Kondisi ini menandakan bahwa lulusan yang kompeten sudah dapat dihasilkan lewat penyelenggaraan pelatihan. Namun ruang untuk meningkatkan efektivitas proses pembelajaran masih terbuka, supaya standar kompetensi dicapai lebih banyak peserta pada kesempatan pertama.

Efektivitas pelatihan dipengaruhi karakteristik peserta, desain pelatihan, serta metode dan lingkungan pembelajaran. Karakteristik peserta, termasuk kesiapan dan pengalaman sebelumnya, perlu diperhitungkan ketika pelatihan dirancang agar proses pembelajaran berjalan efektif (Gita & Sariyathi, 2016). Pembelajaran bauran sudah banyak diterapkan pada pelatihan kompetensi teknis dan secara umum pencapaian kompetensi dapat didukung. Namun efektivitasnya tidak berlaku sama di semua kondisi. Karakteristik peserta, karakteristik materi, kesiapan teknologi, serta kondisi pelaksanaan pembelajaran ikut memengaruhinya (Riyantini *et al*., 2022) (Milyardi *et al*., 2023). Pembelajaran bauran juga sudah dikaji pada pelatihan dasar CPNS dengan membandingkan hasil belajar peserta menurut lokasi domisilinya (Nugraha & Kamaliah, 2025).

Berdasarkan hasil penelitian ini terlihat pula bahwa kelulusan peserta tidak dapat diterangkan hanya oleh satu faktor. Sebagaimana dikemukakan Baldwin dan Ford (1988), efektivitas pelatihan merupakan hasil interaksi antara karakteristik peserta, desain pelatihan, dan lingkungan yang mendukung proses belajar (Blume *et al*., 2010; Grossman & Salas, 2011). Dengan kata lain, walaupun kemampuan awal peserta berbeda, peluang mereka mencapai kompetensi yang dipersyaratkan masih dapat ditingkatkan lewat desain pembelajaran yang tepat. Sebaliknya, apabila desain pembelajaran belum sepenuhnya cocok dengan kebutuhan peserta atau karakteristik materi pelatihan, pencapaian kompetensi bisa menjadi kurang optimal.

Hasil ini diperkuat Noe (2017). Keberhasilan pelatihan berbasis kompetensi dipengaruhi kesesuaian antara metode pembelajaran, karakteristik peserta, dan tujuan pembelajaran. Pada pelatihan teknis seperti Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator, keberhasilan peserta tidak hanya ditentukan penguasaan konsep teoritis. Konsep tersebut juga harus mampu diterapkan dalam konteks operasional yang menuntut ketelitian, kepatuhan terhadap prosedur, dan penerapan prinsip keselamatan radiasi.

Selain itu, berdasarkan hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan diketahui bahwa kesulitan memahami materi teknis yang disampaikan secara daring dialami sebagian peserta. Dari masukan tersebut terlihat bahwa capaian kelulusan tidak hanya dipengaruhi kemampuan individu. Kesesuaian strategi pembelajaran dengan karakteristik peserta dan kompleksitas materi ikut berpengaruh. Karena itu, tingkat kelulusan pada penelitian ini perlu dibaca sebagai hasil dari keseluruhan sistem pembelajaran yang diterapkan, bukan semata indikator kemampuan akademik peserta.

Hasil ini dijadikan dasar bagi analisis pada bagian berikutnya, yaitu hubungan antara latar belakang pendidikan, metode pembelajaran, dan tingkat kelulusan peserta. Melalui analisis tersebut diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan peserta, sekaligus landasan untuk mengevaluasi desain pembelajaran pada Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator.

3.4. Analisis Hubungan Latar Belakang Pendidikan dan Metode Pembelajaran terhadap Kelulusan Ujian Sertifikasi Petugas Iradiator

Untuk mengetahui apakah latar belakang pendidikan dan metode pembelajaran berhubungan dengan keberhasilan peserta pada ujian sertifikasi iradiator, analisis dilakukan memakai uji *Chi-Square*. Dua variabel independen diuji, yaitu kategori latar belakang pendidikan dan model pembelajaran yang diterapkan. Variabel dependennya berupa status kelulusan ujian sertifikasi. Hasil tabulasi silang antara latar belakang pendidikan dan kelulusan ujian sertifikasi disajikan pada Tabel 3.

e-ISSN 2722-2440
p-ISSN 2721-7464

Tabel 3. Hubungan Latar Belakang Pendidikan dengan Kelulusan Ujian Sertifikasi

Latar Belakang Pendidikan	Lulus	Tidak Lulus	Total
Relevan	28	22	50
Tidak relevan	5	9	14
Total	33	31	64

Sumber: Data sekunder peserta dan hasil ujian sertifikasi Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator periode 2025–2026, Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN; tabulasi silang dan uji Chi-Square diolah oleh peneliti, 2026.

Melalui uji *Chi-Square* diperoleh nilai $\chi^2 = 1{,}081$ dengan $p = 0{,}298$ ($p > 0{,}05$). Jadi, secara statistik hubungan yang signifikan antara latar belakang pendidikan peserta dan kelulusan pada ujian sertifikasi iradiator tidak ditemukan.

Selanjutnya, hubungan antara metode pembelajaran dan kelulusan dianalisis dengan prosedur yang sama. Hasil tabulasi silangnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan Metode Pembelajaran dengan Kelulusan Ujian Sertifikasi

Metode Pembelajaran	Lulus	Tidak Lulus	Total
Pembelajaran bauran	26	24	50
Tatap muka penuh	7	7	14
Total	33	31	64

Sumber: Data sekunder peserta dan hasil ujian sertifikasi Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator periode 2025–2026, Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN; tabulasi silang dan uji Chi-Square diolah oleh peneliti, 2026

Melalui uji *Chi-Square* diperoleh nilai $\chi^2 = 0{,}000$ dengan $p = 1{,}000$ ($p > 0{,}05$). Dari angka tersebut terlihat bahwa hubungan yang signifikan antara metode pembelajaran dan kelulusan peserta pada ujian sertifikasi tidak ditemukan.

Dari hasil ini terlihat bahwa peluang lulus peserta relatif sama, baik yang berasal dari latar belakang pendidikan berbeda maupun yang mengikuti model pembelajaran berbeda. Secara statistik, perbedaan tersebut tidak cukup kuat untuk memperlihatkan adanya pengaruh langsung terhadap hasil sertifikasi.

Meskipun begitu, hasil ini tidak boleh diartikan bahwa latar belakang pendidikan dan metode pembelajaran tidak penting. Melalui uji *Chi-Square* hanya ditunjukkan bahwa pada data penelitian ini hubungan yang signifikan secara statistik tidak ditemukan. Keberhasilan peserta dalam pelatihan sertifikasi kemungkinan dipengaruhi kombinasi faktor lain yang tidak dianalisis di sini. Contohnya motivasi belajar, pengalaman kerja, intensitas belajar mandiri, dukungan organisasi, kemampuan instruktur dalam memfasilitasi pembelajaran, dan kualitas interaksi selama pelatihan. Hal ini sejalan dengan model *Transfer of Training* dari Baldwin dan Ford (1988). Menurut model tersebut, keberhasilan pelatihan merupakan hasil interaksi antara karakteristik peserta, desain pelatihan, dan lingkungan kerja. Faktor seperti motivasi dan dukungan organisasi memang terbukti berpengaruh besar terhadap hasil pelatihan (Blume *et al.*, 2010; Salas *et al.*, 2012).

Melalui hasil penelitian ini diperkuat pula temuan Kintu, Zhu, dan Kagambe (2017). Efektivitas pembelajaran tidak hanya dipengaruhi model pembelajaran yang dipakai, tetapi juga karakteristik peserta, kualitas desain pembelajaran, serta lingkungan belajar. Jadi, model pembelajaran tidak dapat dipandang sebagai satu-satunya faktor penentu keberhasilan peserta.

Walaupun secara statistik hubungan yang signifikan tidak ditemukan, informasi yang berbeda diperoleh dari hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan. Oleh sebagian peserta disampaikan bahwa penyampaian materi teknis lewat pembelajaran daring menyulitkan mereka memahami konsep yang kompleks. Diusulkan pula agar porsi pembelajaran tatap muka diperbanyak, terutama untuk materi yang menuntut penjelasan mendalam, diskusi, dan praktik. Dari sini terlihat bahwa analisis statistik perlu dibaca bersama data evaluasi peserta supaya gambaran efektivitas desain pembelajaran menjadi lebih utuh.

Dengan demikian, melalui penelitian ini ditegaskan satu hal penting. Keberhasilan pelatihan sertifikasi tidak hanya ditentukan hasil pengujian statistik terhadap karakteristik peserta dan model pembelajaran. Kesesuaian desain pembelajaran dengan karakteristik materi dan kebutuhan peserta ikut menentukan. Pada pelatihan teknis dengan tingkat kompleksitas tinggi, seperti Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator, masukan peserta menjadi informasi yang sangat berharga untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran. Karena itu, penyempurnaan desain pelatihan sebaiknya tidak hanya bersandar pada tingkat kelulusan. Pengalaman belajar peserta perlu ikut diperhitungkan sebagai bagian dari evaluasi berkelanjutan.

e-ISSN 2722-2440
p_ISSN 2721-7464
Jurnal Widyaiswara Indonesia Vol. 7, No. 1, Maret 2026, pp. 13-26

3.5. Implikasi Pembelajaran terhadap Pengembangan Desain Pelatihan Sertifikasi Iradiator

Berdasarkan hasil penelitian, latar belakang pendidikan peserta maupun model pembelajaran yang diterapkan tidak berhubungan secara signifikan dengan kelulusan ujian sertifikasi. Meskipun begitu, informasi yang melengkapi hasil analisis kuantitatif diperoleh dari hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan. Oleh sebagian peserta disampaikan bahwa materi teknis yang diberikan secara daring lebih sulit dipahami dibandingkan materi yang diberikan secara tatap muka. Kondisi ini paling dirasakan peserta dengan latar belakang pendidikan nonteknik atau dengan pengalaman terbatas di bidang ketenaganukliran. Dari sini terlihat bahwa efektivitas desain pembelajaran tidak dapat dinilai hanya dari tingkat kelulusan. Pengalaman belajar (*learner experience*) peserta selama pelatihan juga perlu diperhitungkan.

Dari masukan peserta tersebut terlihat bahwa penerapan pembelajaran bauran pada pelatihan sertifikasi teknis perlu disesuaikan dengan karakteristik materi pembelajaran. Materi yang bersifat konseptual dan teori dasar relatif lebih cocok disampaikan secara daring karena dapat dipelajari peserta secara mandiri. Sebaliknya, materi tentang prinsip keselamatan radiasi, pengoperasian fasilitas iradiasi, analisis kasus, serta praktik operasional lebih efektif diberikan lewat pembelajaran tatap muka. Melalui interaksi langsung dengan pengajar, peserta dimungkinkan memperoleh penjelasan yang lebih mendalam, berdiskusi, mengklarifikasi konsep yang belum dipahami, serta menerima umpan balik secara langsung. Kondisi tersebut sejalan dengan *Cognitive Load Theory*. Pembelajaran tatap muka dinilai lebih efektif untuk materi berkompleksitas tinggi karena beban kognitif peserta dapat ditekan melalui pemberian contoh, bimbingan, dan umpan balik secara langsung (Sweller, 1988). Pengelolaan beban kognitif seperti ini juga ditekankan dalam kajian pembelajaran digital terkini (Paas & van Merriënboer, 2020; Skulmowski & Xu, 2022).

Melalui hasil penelitian ini diperkuat pula konsep *Transfer of Training* dari Baldwin dan Ford (1988). Keberhasilan pelatihan merupakan hasil interaksi antara karakteristik peserta, desain pelatihan, dan lingkungan belajar. Dalam konteks Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator, keragaman latar belakang pendidikan peserta tidak menjadi hambatan apabila desain pembelajaran yang mampu mengakomodasi perbedaan kebutuhan belajar tersedia. Dengan kata lain, desain pembelajaran tidak hanya berfungsi menyampaikan materi. Kesenjangan kemampuan awal juga dijembatani, sehingga kesempatan seluruh peserta untuk mencapai kompetensi yang dipersyaratkan menjadi setara.

Implikasi praktis penelitian ini adalah perlunya desain pembelajaran pada pelatihan sertifikasi teknis disempurnakan. Berdasarkan hasil evaluasi, manfaat penerapan pembelajaran bauran memang masih ada, terutama untuk meningkatkan fleksibilitas penyelenggaraan dan efisiensi pemanfaatan waktu. Namun proporsi pembelajaran daring perlu dibatasi pada materi yang tidak menuntut interaksi intensif. Materi teknis dan praktik sebaiknya tetap dijalankan secara tatap muka. Lewat pendekatan ini, keunggulan pembelajaran bauran diharapkan tetap terjaga tanpa kualitas pemahaman peserta terhadap materi berkompleksitas tinggi ikut menurun.

Berdasarkan hasil penelitian, model pembelajaran yang lebih cocok untuk Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator bukan pembelajaran daring penuh, bukan pula pembelajaran bauran dengan porsi daring yang dominan. Yang lebih sesuai adalah pembelajaran tatap muka yang diperkuat pemanfaatan media digital sebagai pendukung (Garrison & Kanuka, 2004; Hrastinski, 2019). Dalam model ini, media digital dipakai untuk menyediakan bahan ajar, video pembelajaran, modul elektronik, latihan soal, dan forum diskusi, baik sebelum maupun sesudah pembelajaran tatap muka. Jadi, teknologi diposisikan sebagai sarana pendukung yang memperkaya proses belajar, sementara penguasaan materi teknis tetap dibangun lewat interaksi langsung antara peserta dan pengajar.

Secara lebih luas, implikasi penelitian ini juga dirasakan penyelenggara pelatihan kompetensi teknis di lingkungan BRIN maupun lembaga penyelenggara pelatihan lain. Pemilihan model pembelajaran sebaiknya tidak hanya didasarkan pada efisiensi penyelenggaraan atau perkembangan teknologi digital. Karakteristik peserta, kompleksitas materi, serta tuntutan kompetensi yang harus dicapai perlu ikut dipertimbangkan. Evaluasi terhadap desain pembelajaran juga perlu dijalankan berkelanjutan, dengan hasil belajar dan umpan balik peserta dijadikan dasar penyempurnaan program pelatihan. Melalui pendekatan tersebut akan dihasilkan sistem pembelajaran yang lebih adaptif, inklusif, dan berorientasi pada pencapaian kompetensi.

3.6. Implikasi Penelitian, Keterbatasan, dan Agenda Penelitian Selanjutnya

Implikasi praktis diberikan penelitian ini bagi penyelenggaraan pelatihan sertifikasi teknis, khususnya Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator. Berdasarkan hasil penelitian, keragaman latar belakang pendidikan peserta tidak berhubungan secara signifikan dengan kelulusan ujian sertifikasi. Begitu pula penerapan pembelajaran bauran dan pembelajaran tatap muka penuh, yang tidak memperlihatkan perbedaan signifikan terhadap tingkat kelulusan peserta. Dari hasil tersebut terlihat bahwa keberhasilan pelatihan tidak hanya berkaitan dengan karakteristik peserta atau model pembelajaran yang dipakai. Kualitas desain pembelajaran secara keseluruhan juga berpengaruh.

Meskipun begitu, berdasarkan hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan diketahui bahwa kesulitan memahami materi teknis secara daring dialami sebagian peserta. Diusulkan pula agar porsi pembelajaran tatap muka

e-ISSN 2722-2440
p-ISSN 2721-7464

diperbanyak. Dari sini terlihat bahwa indikator keberhasilan pelatihan tidak cukup diukur lewat tingkat kelulusan semata. Pengalaman belajar peserta (*learner experience*) perlu ikut diperhitungkan. Karena itu, evaluasi penyelenggaraan pelatihan sebaiknya menggabungkan indikator kuantitatif, seperti hasil ujian sertifikasi, dengan indikator kualitatif berupa umpan balik peserta sebagai dasar penyempurnaan desain pembelajaran (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006; Salas *et al.*, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian, penyelenggara pelatihan disarankan menerapkan pendekatan *adaptive blended learning*. Dalam pendekatan itu, pemanfaatan teknologi digital dipadukan dengan pembelajaran tatap muka sesuai karakteristik materi yang diajarkan (Boelens *et al.*, 2017; Graham, 2006). Materi yang bersifat konseptual dan administratif dapat disampaikan secara daring melalui *Learning Management System* (LMS). Sementara materi yang menuntut pemahaman konseptual mendalam, diskusi, studi kasus, serta praktik operasional sebaiknya tetap disampaikan lewat pembelajaran tatap muka. Lewat pendekatan ini, fleksibilitas penyelenggaraan pelatihan diharapkan tetap terjaga tanpa kualitas pembelajaran pada materi berkompleksitas tinggi ikut berkurang.

Selain implikasi praktis, kontribusi penelitian ini juga diberikan bagi pengembangan kajian pelatihan berbasis kompetensi. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih dipusatkan pada efektivitas pembelajaran daring atau pembelajaran bauran terhadap hasil belajar. Melalui penelitian ini ditawarkan perspektif yang berbeda. Evaluasi efektivitas pembelajaran pada pelatihan sertifikasi teknis perlu memperhitungkan kesesuaian antara karakteristik peserta, kompleksitas materi, dan pengalaman belajar peserta. Dengan begitu, pemahaman diperluas bahwa desain pembelajaran tidak hanya diarahkan untuk meningkatkan hasil belajar, tetapi juga untuk memastikan kesempatan seluruh peserta mencapai kompetensi yang dipersyaratkan menjadi setara.

Beberapa keterbatasan masih dimiliki penelitian ini. Pertama, penelitian hanya dikerjakan pada satu jenis pelatihan sertifikasi teknis dengan jumlah responden yang relatif terbatas, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan pada seluruh jenis pelatihan kompetensi. Kedua, dalam analisis statistik hanya dipakai variabel latar belakang pendidikan dan metode pembelajaran. Faktor lain yang berpotensi memengaruhi kelulusan, seperti pengalaman kerja, motivasi belajar, usia, intensitas belajar mandiri, dan kompetensi pengajar, belum dianalisis. Ketiga, data evaluasi peserta baru dipakai sebagai informasi pendukung sehingga belum ditelaah mendalam dengan pendekatan kualitatif.

Karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan responden yang lebih banyak dan mencakup berbagai jenis pelatihan sertifikasi teknis supaya hasilnya lebih komprehensif. Selain itu, pada penelitian berikutnya dapat dikembangkan model analisis multivarian dengan memasukkan variabel pengalaman kerja, motivasi belajar, kompetensi pengajar, serta intensitas pemanfaatan LMS. Gambaran mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan pelatihan pun menjadi lebih utuh. Pendekatan *mixed methods* juga dapat dipertimbangkan supaya hasil analisis statistik diperkaya melalui wawancara atau diskusi kelompok terarah (*focus group discussion*), sehingga pengalaman belajar peserta dapat dipahami lebih mendalam.



Gambar 2. Model Desain Pembelajaran Adaptif untuk Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator

Sumber: Diolah oleh peneliti berdasarkan hasil penelitian, 2026

Berdasarkan hasil penelitian, diusulkan Model Desain Pembelajaran Adaptif sebagai kerangka konseptual dalam penyelenggaraan Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator. Dalam model ini, karakteristik peserta ditempatkan sebagai dasar perancangan strategi pembelajaran. Keragaman latar belakang pendidikan, pengalaman kerja, kemampuan awal, dan motivasi belajar perlu dikenali sejak awal lewat analisis kebutuhan belajar, supaya proporsi pembelajaran yang paling sesuai dapat ditentukan penyelenggara (Knowles *et al.*, 2015; Kraiger & Ford, 2021).

Dalam model ini, materi yang bersifat konseptual, seperti regulasi, prinsip dasar keselamatan radiasi, dan teori pendukung, dapat disampaikan lewat media digital. Contohnya *Learning Management System* (LMS), video pembelajaran, dan modul elektronik. Sebaliknya, materi yang menuntut penalaran teknis, pemecahan masalah,

Jurnal Widyaiswara Indonesia Vol. 7, No. 1, Maret 2026, pp. 13-26
e-ISSN 2722-2440
p_ISSN 2721-7464

diskusi, dan praktik operasional lebih tepat diberikan melalui pembelajaran tatap muka. Dengan demikian, kesempatan berdiskusi langsung dengan pengajar dan berlatih secara terarah tetap diperoleh peserta.

Dalam model ini ditekankan pula bahwa evaluasi pembelajaran tidak hanya bersandar pada hasil ujian sertifikasi. Umpan balik peserta ikut dimanfaatkan sebagai bagian dari proses evaluasi berkelanjutan. Melalui integrasi capaian hasil belajar dan pengalaman belajar peserta, penyempurnaan desain pelatihan dapat dikerjakan penyelenggara secara sistematis. Pembelajaran pun menjadi lebih adaptif terhadap kebutuhan peserta, sementara orientasinya pada pencapaian kompetensi tetap dijaga.

Dengan demikian, dalam model yang diusulkan pembelajaran bauran dan pembelajaran tatap muka tidak diposisikan sebagai dua pendekatan yang saling menggantikan. Keduanya justru diposisikan sebagai strategi yang saling melengkapi, sesuai karakteristik materi dan kebutuhan peserta. Lewat pendekatan ini, peningkatan efektivitas pelatihan sertifikasi teknis diharapkan terdukung, begitu pula pengembangan ekosistem pembelajaran yang adaptif, berdampak, dan berkelanjutan.

4. Kesimpulan & Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan dirumuskan dalam butir-butir berikut sesuai urutan rumusan masalah. Karakteristik latar belakang pendidikan peserta. Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator periode 2025–2026 diikuti oleh 64 peserta dengan latar belakang pendidikan yang beragam. Sebanyak 50 peserta (78,1%) berlatar belakang pendidikan yang relevan dengan bidang ketenaganukliran, seperti teknik, fisika, kimia, dan elektronika, sedangkan 14 peserta (21,9%) berasal dari bidang yang tidak relevan. Dari keragaman tersebut terlihat bahwa pelatihan sertifikasi berfungsi sebagai sarana pengembangan kompetensi bagi tenaga kerja industri dengan kemampuan awal yang berbeda.

Penerapan pembelajaran bauran. Terdapat dua model pembelajaran diterapkan pada periode penelitian, yaitu pembelajaran bauran (*blended learning*) yang diikuti 50 peserta (78,1%) dan pembelajaran tatap muka penuh (*full face-to-face learning*) yang diikuti 14 peserta (21,9%). Dalam pembelajaran bauran, materi teori disampaikan secara daring, sedangkan diskusi, praktikum, dan ujian pelatihan dijalankan secara tatap muka. Berdasarkan hasil evaluasi penyelenggaraan, menunjukkan adanya masukan dari peserta agar materi teknis yang kompleks, seperti keselamatan radiasi dan pengoperasian iradiator, lebih banyak diberikan secara tatap muka.

Tingkat kelulusan ujian sertifikasi. Dari 64 peserta, sebanyak 33 peserta (51,6%) dinyatakan lulus dan 31 peserta (48,4%) belum lulus ujian sertifikasi iradiator. Hasil ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh telah memenuhi standar kelulusan sertifikasi. Namun, proporsi peserta yang belum lulus masih cukup besar, sehingga diperlukan upaya penyempurnaan proses pembelajaran untuk mendukung pencapaian kompetensi peserta.

Hubungan latar belakang Pendidikan dan penerapan model pembelajaran dengan kelulusan serta rekomendasi desain pembelajarn adaptif. Hasil uji *Chi-Square*, hubungan yang signifikan tidak ditemukan, baik antara latar belakang pendidikan dan kelulusan ($\chi^2 = 1{,}081$; $p = 0{,}298$) maupun antara model pembelajaran dan kelulusan ($\chi^2 = 0{,}000$; $p = 1{,}000$). Dengan demikian, berdasarkan hasil penelitian, latar belakang pendidikan dan model pembelajaran belum dapat dinyatakan sebagai faktor yang secara statistik berkaitan dengan kelulusan peserta. Meskipun begitu, umpan balik peserta memperlihatkan bahwa materi teknis yang kompleks lebih mudah dipahami lewat pembelajaran tatap muka dibandingkan pembelajaran daring. Karena itu, evaluasi pelatihan sertifikasi teknis tidak cukup memakai tingkat kelulusan sebagai satu-satunya indikator; pengalaman belajar peserta perlu ikut diperhitungkan. Atas dasar itu diusulkan Model Desain Pembelajaran Adaptif, yaitu model yang proporsi pembelajaran daring dan tatap mukanya disesuaikan dengan karakteristik peserta dan kompleksitas materi, dengan pembelajaran tatap muka diperkuat untuk materi teknis dan media digital dimanfaatkan sebagai pendukung.

4.2. Rekomendasi

Berdasarkan kesimpulan tersebut, rekomendasi berikut diajukan. Bagi penyelenggara Pelatihan Sertifikasi Petugas Iradiator, desain pembelajaran adaptif disarankan diterapkan. Pembelajaran tatap muka ditempatkan sebagai metode utama untuk materi teknis yang menuntut penjelasan mendalam, diskusi, simulasi, dan praktik operasional, misalnya keselamatan radiasi dan pengoperasian iradiator. Pembelajaran daring dimanfaatkan untuk materi konseptual dan administratif, penguatan materi, serta penyediaan sumber belajar digital melalui *Learning Management System* (LMS).

Analisis kebutuhan belajar disarankan dijalankan sejak awal pelatihan supaya latar belakang pendidikan, pengalaman kerja, dan kemampuan awal peserta dikenali. Hasilnya dipakai untuk menentukan proporsi

e-ISSN 2722-2440
p-ISSN 2721-7464

pembelajaran daring dan tatap muka, serta untuk memberi pendampingan tambahan kepada peserta tanpa latar belakang pendidikan yang relevan.

Evaluasi efektivitas pelatihan disarankan dikerjakan lebih komprehensif. Selain tingkat kelulusan, pengalaman belajar (*learner experience*) dan umpan balik peserta perlu diukur secara sistematis dan dijadikan dasar penyempurnaan kurikulum, metode pembelajaran, dan strategi fasilitasi.

Bagi penyelenggara pelatihan kompetensi teknis lain, baik di lingkungan BRIN maupun lembaga pelatihan lainnya, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar penyusunan pedoman penerapan pembelajaran adaptif yang memperhitungkan karakteristik materi, tujuan pembelajaran, dan profil peserta.

Bagi penelitian selanjutnya, responden yang lebih banyak disarankan dilibatkan dan berbagai jenis pelatihan sertifikasi teknis dicakup. Variabel lain, seperti pengalaman kerja, motivasi belajar, kompetensi pengajar, dan intensitas pemanfaatan media digital, perlu dimasukkan ke dalam analisis multivariat. Pendekatan *mixed methods* juga direkomendasikan supaya hasil analisis statistik diperkaya melalui wawancara atau diskusi kelompok terarah.

Daftar Referensi

Baldwin, T. T., & Ford, J. K. (1988). Transfer of training: A review and directions for future research. Personnel Psychology, 41(1), 63–105. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1988.tb00632.x

Bell, B. S., Tannenbaum, S. I., Ford, J. K., Noe, R. A., & Kraiger, K. (2017). 100 years of training and development research: What we know and where we should go. Journal of Applied Psychology, 102(3), 305–323. https://doi.org/10.1037/apl0000142

Bernard, R. M., Borokhovski, E., Schmid, R. F., Tamim, R. M., & Abrami, P. C. (2014). A meta-analysis of blended learning and technology use in higher education: From the general to the applied. Journal of Computing in Higher Education, 26(1), 87–122. https://doi.org/10.1007/s12528-013-9077-3

Blume, B. D., Ford, J. K., Baldwin, T. T., & Huang, J. L. (2010). Transfer of training: A meta-analytic review. Journal of Management, 36(4), 1065–1105. https://doi.org/10.1177/0149206309352880

Boelens, R., De Wever, B., & Voet, M. (2017). Four key challenges to the design of blended learning: A systematic literature review. Educational Research Review, 22, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.06.001

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.

Dziuban, C., Graham, C. R., Moskal, P. D., Norberg, A., & Sicilia, N. (2018). Blended learning: The new normal and emerging technologies. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 15(1), 3. https://doi.org/10.1186/s41239-017-0087-5

Field, A. (2018). Discovering statistics using IBM SPSS Statistics (5th ed.). SAGE Publications.

Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. The Internet and Higher Education, 7(2), 95–105. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.02.001

Gita, I. G. A. A. A. R., & Sariyathi, N. K. (2016). Pengaruh lingkungan kerja, self-efficacy, dan karakteristik peserta pelatihan terhadap transfer pelatihan pada karyawan PT. Indonesia Power. E-Jurnal Manajemen Universitas Udayana, 5(7), 4602–4629.

Graham, C. R. (2006). Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions. In C. J. Bonk & C. R. Graham (Eds.), The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs (pp. 3–21). Pfeiffer.

Grossman, R., & Salas, E. (2011). The transfer of training: What really matters. International Journal of Training and Development, 15(2), 103–120. https://doi.org/10.1111/j.1468-2419.2011.00373.x

Hastari, P. T., Sinedu, S. S., Hakim, L., & Halizah, N. (2025). Efektivitas pelatihan ketenaganukliran dalam meningkatkan kompetensi dan kelulusan ujian lisensi. Tatar Pasundan: Jurnal Diklat Keagamaan, 19(2), 88–105. https://doi.org/10.38075/tp.v19i2.574

Hrastinski, S. (2019). What do we mean by blended learning? TechTrends, 63(5), 564–569. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00375-5

International Atomic Energy Agency. (2010). Radiation safety of gamma, electron and X ray irradiation facilities (IAEA Safety Standards Series No. SSG-8). IAEA.

International Atomic Energy Agency. (2014). Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards (IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3). IAEA.

e-ISSN 2722-2440
p_ISSN 2721-7464

Kintu, M. J., Zhu, C., & Kagambe, E. (2017). Blended learning effectiveness: The relationship between student characteristics, design features and outcomes. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 14(1), 7. https://doi.org/10.1186/s41239-017-0043-4

Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2006). Evaluating training programs: The four levels (3rd ed.). Berrett-Koehler Publishers.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. Educational Psychologist, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

Knowles, M. S., Holton, E. F., & Swanson, R. A. (2015). The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development (8th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315816951

Kraiger, K., & Ford, J. K. (2021). The science of workplace instruction: Learning and development applied to work. Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior, 8, 45–72. https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-012420-060109

McHugh, M. L. (2013). The chi-square test of independence. Biochemia Medica, 23(2), 143–149. https://doi.org/10.11613/BM.2013.018

Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., & Baki, M. (2013). The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. Teachers College Record, 115(3), 1–47. https://doi.org/10.1177/016146811311500307

Milyardi, R., Kristianto, A., & Tangkelayu, N. R. (2023). Concrete technology competency training with blended learning and flipped classroom learning models. Dinamisia: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat, 7(6), 1678–1686. https://doi.org/10.31849/dinamisia.v7i6.16201

Noe, R. A. (2017). Employee training and development (7th ed.). McGraw-Hill Education.

Nugraha, A. N. C., & Kamaliah, N. (2025). Efektivitas blended learning dalam pelatihan dasar CPNS: Studi komparatif hasil belajar berdasarkan lokasi domisili peserta. Tatar Pasundan: Jurnal Diklat Keagamaan, 19(1), 57–68.

Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2020). Cognitive-load theory: Methods to manage working memory load in the learning of complex tasks. Current Directions in Psychological Science, 29(4), 394–398. https://doi.org/10.1177/0963721420922183

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif. (2007). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 74.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir. (2008). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 54.

Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2024 tentang Izin Bekerja Petugas pada Fasilitas Radiasi dan/atau Kegiatan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion. (2024). Badan Pengawas Tenaga Nuklir.

Riyantini, R., Hatimah, I., Kamil, M., Ardiwinata, J. S., & Sukmana, C. (2022). Blended learning model in technical competence training for supervisors in the city of Bandung. Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian dan Kajian Kepustakaan di Bidang Pendidikan, Pengajaran, dan Pembelajaran, 8(3), 727–737. https://doi.org/10.33394/jk.v8i3.5513

Salas, E., Tannenbaum, S. I., Kraiger, K., & Smith-Jentsch, K. A. (2012). The science of training and development in organizations: What matters in practice. Psychological Science in the Public Interest, 13(2), 74–101. https://doi.org/10.1177/1529100612436661

Sitzmann, T., Kraiger, K., Stewart, D., & Wisher, R. (2006). The comparative effectiveness of web-based and classroom instruction: A meta-analysis. Personnel Psychology, 59(3), 623–664. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2006.00049.x

Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding cognitive load in digital and online learning: A new perspective on extraneous cognitive load. Educational Psychology Review, 34(1), 171–196. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. Educational Psychology Review, 31(2), 261–292. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. (1997). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 23.