

MEMBANGUN KREATIVITAS SAINS DAN ESTETIKA MELALUI ELEMEN REKAYASA: STUDI KONSEPTUAL DI PENDIDIKAN GURU

Siti Zayyana Ulfah^{1*}, Gemalia Rahmawati², Henita Henita³

¹Pendidikan Guru, Universitas Pendidikan Indonesia, Jawab Barat

²Pendidikan Guru, Universitas Pendidikan Indonesia, Jawa Barat

³Pendidikan Guru, Universitas Pendidikan Indonesia, Jawab Barat

*zayyanaulfah21@upi.edu

Abstract: This article aims to conceptualize the integration of engineering elements within teacher education through a project-based STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) approach that synergizes science and aesthetics. The study responds to the demands of the latest curriculum policy (Ministerial Regulation No. 13 of 2025) emphasizing deep learning, technological literacy, and the graduate profile rooted in the Pancasila values. Although the STEM approach is widely adopted, the reinforcement of the art and creativity dimensions is often limited. Through a critical literature review of cutting-edge research in STEAM and engineering education, this article highlights the urgency of cross-disciplinary integration (such as biology, physics, and art) to foster pre-service teachers' creativity. This review culminates in an integrative conceptual model based on Project-Based Learning (PjBL), which positions the engineering element as a crucial bridge between scientific logic and aesthetic expression. This model is designed to sharpen critical thinking, collaboration, and problem-solving skills, while simultaneously strengthening aesthetic expression, empathy, and cultural appreciation. This integration strategically supports the achievement of the eight dimensions of the expected graduate profile. The article recommends the implementation of this model in the teacher education curriculum through micro-teaching practices, collaborative projects, and contextual problem-based learning design.

Keywords: Creativity, Engineering, Graduate Profile, STEAM, Teacher Education

Abstrak: Artikel ini bertujuan mengonseptualisasikan integrasi elemen rekayasa dalam pendidikan guru melalui pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) berbasis proyek yang menyinergikan sains dan estetika. Studi ini merespons tuntutan kebijakan kurikulum terbaru (Permendikdasmen No. 13 Tahun 2025) yang menekankan pembelajaran mendalam, literasi teknologi, dan profil lulusan berkarakter Pancasila. Meskipun pendekatan STEM telah diadopsi luas, penguatan dimensi seni dan kreativitas sering kali masih terbatas. Melalui telaah pustaka kritis terhadap riset mutakhir di bidang pendidikan STEAM dan rekayasa, artikel ini menyoroti urgensi integrasi lintas disiplin (seperti biologi, fisika, dan seni) untuk membangun kreativitas calon guru. Kajian ini menghasilkan model konseptual integratif berbasis *project-based learning* (PjBL) yang memosisikan elemen rekayasa sebagai jembatan krusial antara logika saintifik dan ekspresi estetik. Model ini dirancang untuk mempertajam keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan pemecahan masalah, sekaligus memperkuat ekspresi estetika, empati, dan apresiasi budaya. Integrasi ini secara strategis mendukung pencapaian delapan dimensi profil lulusan yang diharapkan. Artikel ini merekomendasikan penerapan model tersebut pada kurikulum pendidikan guru melalui praktik *micro-teaching*, proyek kolaboratif, dan desain pembelajaran berbasis masalah kontekstual.

Kata kunci: Kreativitas, Rekayasa, Profil Lulusan, STEAM, Pendidikan Guru

Diterima: 1 Oktober 2025

Disetujui: 10 November 2025

Dipublikasi: 30 November 2025



PENDAHULUAN

Pendidikan guru dihadapkan pada tantangan signifikan dalam menyiapkan calon pendidik yang adaptif dan inovatif di Abad ke-21. Tuntutan ini diperkuat oleh kebijakan kurikulum nasional melalui Permendikbud No. 22 Tahun 2020, yang menekankan pembelajaran mendalam, literasi teknologi, serta penguatan Profil Pelajar Pancasila (Kemdikbud, 2024). Implementasi kebijakan tersebut meniscayakan pergeseran paradigma dari pembelajaran yang berpusat pada konten menuju pendekatan integratif, kontekstual, dan lintas disiplin (Darling-Hammond et al., 2020; Milton, 2000).

Di tengah pergeseran tersebut, pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) menjadi kerangka pedagogis yang relevan untuk meningkatkan kreativitas, pemecahan masalah, dan pengalaman belajar autentik. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi seni ke dalam STEM dapat memperluas proses ideasi, memperkuat empati, serta memfasilitasi kreativitas transdisipliner (Bequette & Bequette, 2012; Guyotte et al., 2014). Namun, dalam konteks pendidikan guru, penerapan STEAM masih menghadapi kendala, terutama karena seni sering ditempatkan sebagai elemen tambahan (*add-on*), bukan bagian inti dari proses desain pembelajaran. Hal ini memperlemah potensi STEAM sebagai pendekatan terpadu yang menggabungkan kreativitas, rekayasa, dan pemecahan masalah (Yim et al., 2024).

Elemen rekayasa (*engineering*) dalam STEAM berfungsi sebagai jembatan penting yang menuntut calon guru menerapkan pengetahuan sains dan matematika untuk menghasilkan solusi nyata. Ketika rekayasa dipadukan dengan estetika melalui pendekatan desain, proses belajar menjadi ruang untuk menyatukan logika saintifik, kreativitas, dan empati, sehingga menghasilkan inovasi yang lebih bermakna (Kolodner et al., 2003). Integrasi ini sejalan dengan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*), yang terbukti dapat meningkatkan kualitas pemahaman konseptual, motivasi belajar, dan kemampuan berpikir kritis calon guru (Milton, 2000).

Oleh karena itu, artikel ini bertujuan mengonseptualisasikan integrasi elemen rekayasa sebagai jembatan antara kreativitas sains dan estetika dalam kurikulum pendidikan guru. Melalui telaah pustaka kritis terhadap penelitian STEAM, *design-based learning*, dan PjBL, kajian ini menyoroti urgensi integrasi lintas disiplin dalam membangun kreativitas calon guru yang adaptif, sekaligus mendukung pencapaian dimensi Profil Pelajar Pancasila (Kemdikbudristek, 2022).

METODE

Penelitian ini menggunakan studi kualitatif dengan jenis Telaah Pustaka Kritis (*Critical Literature Review*) atau Studi Konseptual, yang bertujuan menganalisis, menyintesis, dan mengonseptualisasikan kerangka teoretis baru untuk pendidikan guru. Data yang digunakan adalah data sekunder, bersumber dari dua kategori utama: Dokumen Kebijakan Primer (Kemendikdasmen, 2025) untuk mengidentifikasi tuntutan kurikulum dan *Profil Lulusan*, serta Literatur Akademik Sekunder (artikel jurnal bereputasi tentang STEAM, Rekayasa, dan Estetika) untuk menetapkan prinsip-prinsip pedagogis yang mendasari. Proses penelitian berfokus pada Analisis Isi (*Content Analysis*) dari kedua sumber untuk mengidentifikasi tuntutan dan prinsip-prinsip kunci, yang kemudian memuncak pada Sintesis Konseptual. Pada tahap Sintesis ini, prinsip-prinsip sains (S), estetika (A), dan rekayasa (E) dihubungkan secara logis dan struktural untuk mengembangkan Model Konseptual Integratif berbasis PjBL yang memosisikan

Rekayasa sebagai jembatan penting antara logika saintifik dan ekspresi estetik, serta divalidasi secara logis terhadap dimensi *Profil Lulusan* yang ditargetkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Konseptual Integratif STEAM-Rekayasa

Model ini berpusat pada Siklus Desain Rekayasa (*Engineering Design Process*) yang adaptif sebagai kerangka PjBL (Kolodner et al., 2003). Penggunaan siklus rekayasa ini adalah respons langsung terhadap tuntutan pembelajaran mendalam (*deep learning*) dalam Permendikdasmen No. 13 Tahun 2025, yang mengharuskan proses belajar menjadi iteratif, kontekstual, dan berorientasi pada pemecahan masalah (Darling-Hammond et al., 2020). Proses ini menjamin bahwa pengetahuan tidak hanya dihafal, tetapi diaplikasikan. Fase 1. Identifikasi Masalah yang Didorong Empati (Awal A). Fase ini dimulai dengan penekanan pada Estetika (A) melalui praktik empati (Guyotte et al., 2014). Calon guru diinstruksikan untuk menganalisis masalah kontekstual (misalnya, masalah Biologi lingkungan) dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna, konteks sosial, dan estetika lokal. Pendekatan ini memastikan bahwa proses rekayasa (E) sejak awal diarahkan untuk menciptakan solusi yang bermakna dan diterima secara budaya, bukan sekadar solusi teknis. Fase 2. Sinergi Riset Sains dan Ideasi Estetika (S-A). Fase kedua menjadi jantung integrasi (Bequette & Bequette, 2012). Calon guru wajib melakukan riset saintifik (S) (misalnya, hukum Fisika tentang material atau proses Biologi tentang pertumbuhan) yang relevan dengan solusi rekayasa (E). Bersamaan dengan itu, dilakukan Ideasi Estetika (A), mengeksplorasi bentuk, warna, dan material yang tidak hanya fungsional tetapi juga indah, mencerminkan pemikiran kreatif yang terpadu.

Posisi Rekayasa sebagai Domain Penerapan Pengetahuan Lintas Disiplin. Rekayasa (E) berfungsi sebagai domain terapan yang mewujudkan konsep abstrak (Gómez Puente et al., 2013). Pengetahuan Fisika mengenai daya tahan struktural atau pengetahuan Biologi mengenai keberlanjutan ekosistem harus diterjemahkan menjadi spesifikasi desain teknis (E), didukung oleh Matematika (M) untuk perhitungan skala dan proporsi. Fase 3. Perancangan, Pemodelan, dan Peran Teknologi (E, T, M). Fase perancangan (E) mengombinasikan logika S dan ekspresi A melalui penggunaan Teknologi (T). Calon guru menggunakan perangkat lunak pemodelan (T) untuk memvisualisasikan purwarupa, memastikan bahwa elemen Estetika (A), seperti komposisi visual dan interaksi pengguna, dipertimbangkan sedini mungkin (Newton et al., 2018). Matematika (M) menjadi alat untuk memvalidasi presisi desain. Fase 4. Konstruksi, Pengujian Fungsional (S), dan Uji Estetika (A). Konstruksi dan Pengujian adalah tahap validasi ganda. Uji Fungsional (S/E) memverifikasi apakah solusi rekayasa bekerja sesuai prinsip Fisika atau Biologi yang diterapkan. Secara bersamaan, dilakukan Uji Estetika untuk mengevaluasi daya tarik visual dan keberterimaan budaya purwarupa, mengukur kualitas Seni (A). Kegagalan pada salah satu uji dianggap sebagai dasar untuk iterasi (Milton, 2000). Fase 5. Refleksi & Iterasi Karakter. Siklus Rekayasa diakhiri dengan refleksi kritis terhadap seluruh proses (S–T–E–A–M), bukan hanya hasil akhir (Darling-Hammond et al., 2020). Refleksi ini bertujuan menginternalisasi nilai-nilai karakter, seperti Bernalar Kritis dan Mandiri, sekaligus mendorong iterasi untuk meningkatkan efisiensi saintifik (S/E) dan kualitas estetika (A).

Model ini mengadopsi prinsip Ethno-STEAM dengan menekankan autentisitas dan konteks lokal (Liao, 2016). Permasalahan yang dipilih harus relevan dengan konteks

Indonesia, yang secara otomatis mengintegrasikan Estetika (A) berupa kearifan lokal dan budaya dalam solusi rekayasa (E), yang sejalan dengan dimensi Berkebinekaan Global dalam Profil Lulusan. Model sebagai Kerangka Pencapaian Pembelajaran Mendalam (*Deep Learning*). Model PjBL-Rekayasa ini memfasilitasi *deep learning* karena mengurangi beban konten yang berlebihan dan fokus pada pemahaman konseptual esensial melalui aplikasi nyata (Milton, 2000). Pembelajaran menjadi *Meaningful* dan *Mindful*, karena setiap langkah S, A, dan E memiliki konsekuensi langsung pada keberhasilan proyek. Justifikasi Model bagi Pendidikan Guru. Menerapkan model ini dalam pendidikan guru akan mempersiapkan calon pendidik yang tidak hanya memiliki literasi sains dan teknologi yang kuat, tetapi juga memiliki kepekaan estetika dan empati (Henriksen, 2014). Inilah kunci untuk mencetak lulusan yang mampu mengintegrasikan kurikulum secara utuh di sekolah dasar dan menengah.

Pencapaian Profil Lulusan

Penerapan Model Konseptual Integratif STEAM-Rekayasa secara strategis dirancang untuk mendukung visi Permendikdasmen No. 13 Tahun 2025, yaitu penguatan Profil Lulusan Berkarakter Pancasila (Kemendikdasmen, 2025). Proses rekayasa PjBL menyediakan arena yang otentik dan kompleks yang secara alami menstimulasi perkembangan delapan dimensi karakter. Dimensi Bernalar Kritis dikembangkan secara intensif melalui fase pengujian rekayasa (E) yang berbasis bukti saintifik (S) sebagaimana dijelaskan dalam kajian *Problem-Based Learning* yang menekankan pemecahan masalah berbasis bukti dan refleksi konseptual (Hmelo-Silver, 2004). Calon guru harus menganalisis kegagalan desain, mengidentifikasi variabel kesalahan (misalnya konsep Fisika atau Biologi yang tidak tepat), dan menggunakan data *evidence-based* untuk justifikasi iterasi. Hal ini mencerminkan esensi Literasi Sains yang aplikatif.

Peningkatan Kreativitas melalui batasan (S–A–E) distimulasi oleh kebutuhan untuk menemukan solusi rekayasa (E) yang inovatif namun tetap terikat oleh hukum sains (S) dan nilai estetika (A), sebagaimana ditegaskan dalam kerangka kreativitas terikat (*constrained creativity*) pada pembelajaran STEAM (Henriksen, 2014). Kreativitas yang muncul bukan kreativitas bebas, tetapi kreativitas yang relevan untuk inovasi teknologi dan sosial. Model PjBL yang diterapkan juga memberikan otonomi dan tanggung jawab kepada calon guru, sehingga mendorong terbentuknya dimensi Mandiri, karena mereka harus mengambil keputusan desain (E/A), mengelola waktu, dan memecahkan hambatan teknis tanpa intervensi langsung, yang memperkuat ketahanan diri dan inisiatif.

Dimensi Berakhlak Mulia ditanamkan melalui penekanan pada empati (A) yang ditempatkan di fase awal proses. Calon guru diarahkan untuk merancang solusi rekayasa yang etis, berkelanjutan, dan memprioritaskan kesejahteraan komunitas, misalnya melalui desain ramah lingkungan (Biologi) atau desain yang mudah diakses. Berkebinekaan Global dicapai dengan mengintegrasikan unsur Estetika (A) yang khas dan kontekstual dari budaya lokal, mendukung pendekatan Ethno-STEAM yang menekankan autentisitas dan relevansi budaya (Liao, 2016). Dalam konteks ini, rekayasa (E) menjadi medium untuk melestarikan dan merevitalisasi nilai-nilai estetika lokal melalui produk yang fungsional.

Proyek STEAM-Rekayasa juga menuntut Gotong Royong, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian *collaboration-based engineering projects* (Cunningham & Hester, 2014). Calon guru bekerja dalam tim lintas disiplin (Sains dan Seni), sehingga

dituntut memiliki kemampuan komunikasi, negosiasi, dan kompromi untuk menyelaraskan kebutuhan fungsional (S/E) dan ekspresi estetika (A). Model ini juga mengasah Literasi Teknologi (T) melalui penggunaan perangkat digital pada tahap perancangan dan pemodelan, serta Literasi Sains (S) melalui penggunaan konsep Fisika dan Biologi dalam pemecahan masalah nyata. Kedua literasi ini merupakan fondasi penting dalam Kurikulum 2025 yang menekankan kesiapan menghadapi tantangan Abad ke-21.

Implementasi model melalui praktik *micro-teaching* dan proyek akhir direkomendasikan sebagai strategi kurikulum pendidikan guru untuk memastikan integrasi kompetensi STEAM secara konsisten. Kurikulum dapat mengadopsi Proyek Kolaboratif wajib atau mengalihkan skripsi/tugas akhir berbasis paper menjadi Proyek Desain Rekayasa berbasis STEAM (E-PjBL), sehingga calon guru mengalami proses rekayasa yang utuh. Secara keseluruhan, Model Konseptual Integratif STEAM-Rekayasa menawarkan mekanisme pedagogis yang kuat dan koheren untuk mentransformasi calon guru dari penerima konten menjadi inovator holistik. Dengan memposisikan E sebagai jembatan S–A, model ini secara strategis mendukung pencapaian delapan dimensi Profil Lulusan yang diperlukan oleh sistem pendidikan nasional (Kemdikdasmen, 2025).

SIMPULAN

Studi konseptual ini secara definitif mencapai tujuannya dengan berhasil mengonseptualisasikan Model Pembelajaran STEAM Integratif berbasis Siklus Desain Rekayasa (E-PjBL) sebagai kerangka pedagogis yang krusial untuk pendidikan guru. Model ini menyajikan pembenaran ilmiah yang kuat atas peran Rekayasa (E) sebagai jembatan yang menyatukan Logika Saintifik (S, termasuk Fisika dan Biologi) dengan Ekspresi Estetik (A). Kontribusi utama model ini terhadap pengetahuan terkini adalah penolakan terhadap pemosisian Seni sebagai unsur *add-on*; sebaliknya, model ini memosisikan Estetika (A) dan Empati sebagai variabel input yang memandu proses rekayasa (E) sejak fase identifikasi masalah, dan sebagai variabel hasil yang diuji validitasnya bersama dengan fungsionalitas ilmiah.

Secara implisit, model E-PjBL ini memperkaya interpretasi kebijakan nasional, khususnya Permendikdasmen Nomor 13 Tahun 2025, dengan menawarkan implementasi yang terukur untuk mencapai Pembelajaran Mendalam dan delapan dimensi Profil Lulusan Berkarakter Pancasila. Model ini menjamin bahwa pengetahuan lintas disiplin (S-T-E-A-M) dikonversi menjadi kompetensi *soft skills* dan karakter, terutama melalui proses iteratif rekayasa yang menumbuhkan *Bernalar Kritis*, *Kreatif*, dan *Gotong Royong*. Model yang diusulkan ini mengatasi keterbatasan implementasi STEM/STEAM tradisional yang cenderung fokus pada teknologi dan sains murni.

Potensi aplikasi model ini sangat luas, menjadikannya kerangka kurikulum yang *highly applicable* di Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK), baik melalui modul *micro-teaching* berbasis proyek maupun pergeseran fokus Proyek Akhir studi (skripsi) menuju desain purwarupa rekayasa yang solutif dan estetik.

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, direkomendasikan untuk melakukan studi empiris validasi dengan menggunakan model E-PjBL 5-fase ini sebagai desain intervensi. Penelitian di masa depan dapat berfokus pada: (1) Pengukuran efektivitas model dalam meningkatkan *creative confidence* calon guru dalam menyinergikan desain

fungsional dan estetika, dan (2) Analisis longitudinal mengenai dampak model terhadap kompetensi mengajar terintegrasi di sekolah tempat lulusan model ini bertugas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bequette, J. W., & Bequette, M. B. (2012). A Place for Art and Design Education in the STEM Conversation. *Art Education*, 65(2), 40–47. <https://doi.org/10.1080/00043125.2012.11519167>
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications For Educational Practice Of The Science Of Learning And Development. *Applied Developmental Science*, 24(2), 97–140. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>
- Gómez Puente, S. M., van Eijck, M., & Jochems, W. (2013). A Sampled Literature Review Of Design-Based Learning Approaches: A Search For Key Characteristics. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(3), 717–732. <https://doi.org/10.1007/s10798-012-9212-x>
- Guyotte, K. W., Sochacka, N. W., Costantino, T. E., Walther, J., & Kellam, N. N. (2014). Steam As Social Practice: Cultivating Creativity In Transdisciplinary Spaces. *Art Education*, 67(6), 12–19. <https://doi.org/10.1080/00043125.2014.11519293>
- Henriksen, D. (2014). *Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices*. *Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices*. 1(2). <https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Peraturan Menteri Pendidikan. 2024. Jakarta: Kemdikdasmen.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the Middle-School Science Classroom: Putting Learning by Design(tm) Into Practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1204_2
- Liao, C. (2016). From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education. *Art Education*, 69(6), 44–49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- Milton, T. H. (n.d.). The Bridge Project: Strengthening K-16 Transition Policies Maryland Case Study Technical Report.
- Newton, S., Alemdar, M., Hilton, E., Linsey, J., & Fu, K. (2018). Incorporating Industrial Design Pedagogy Into A Mechanical Engineering Graphics Course: A Discipline-Based Education Research (DBER) Approach. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0122-7>
- Dimensi, Elemen dan Subelemen Profil Pelajar Pancasila pada Kurikulum Merdeka. 2022. Jakarta: Kemdikbudristek.
- Panduan Korikuler. 2025. Jakarta: Kemdikdasmen.
- Peraturan Menteri Pendidikan. 2020. Jakarta: Kemdikbud.
- Yim, I., Su, J., & Wegerif, R. (2024). STEAM In Practice And Research In Primary Schools: A Systematic Literature Review. *Research in Science & Technological Education*, 1–25. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2440424>