

Penguatan Kompetensi Mahasiswa Melalui Pendekatan STEM Berbasis Teknologi Digital untuk Menghadapi Dunia Kerja Era Society 5.0

Mokhamad Agus Alfaizun¹, Miftahul Qoir Tri Oktavian², Arrori Ashar Hidayad³, Boedy Irhatanto⁴

Pendidikan Teknologi Informasi, IKIP PGRI Bojonegoro, Jalan Panglima Polim No. 46, Kelurahan Pacul/Klangon, Kecamatan Bojonegoro, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur 62114.

E-mail: mokhammadizunalfa@gmail.com¹, miftahulqoir211007@gmail.com², arroriasharhidayad17@gmail.com³, boedyirh@ikippgribojonegoro.ac.id⁴, Telp: +6281217298587¹, +6281007608572², +6285895446352³, +6285730262105⁴

Abstrak

Industri 5.0 menandai babak baru dalam perkembangan ekonomi global, di mana kolaborasi antara manusia dan mesin cerdas menjadi fondasi utama produktivitas. Dalam konteks ini, pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) yang diintegrasikan dengan teknologi digital menjadi strategi krusial untuk mempersiapkan lulusan perguruan tinggi menghadapi tuntutan dunia kerja yang terus berubah. Artikel ini mengkaji bagaimana penguatan kompetensi mahasiswa melalui STEM berbasis digital dapat menjawab kesenjangan antara kebutuhan industri dan profil lulusan saat ini, khususnya di Indonesia. Melalui studi literatur dan analisis komparatif, artikel ini menyimpulkan bahwa transformasi kurikulum STEM yang berorientasi pada *human-centric skills*, literasi digital, dan *problem-based learning* merupakan langkah mendesak yang perlu segera diimplementasikan oleh perguruan tinggi.

Kata kunci: STEM, teknologi digital, Industri 5.0, kompetensi mahasiswa, pendidikan tinggi

Abstract

Industry 5.0 marks a new chapter in global economic development, where collaboration between humans and intelligent machines becomes the main foundation of productivity. In this context, the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach integrated with digital technology becomes a crucial strategy to prepare university graduates to face the constantly changing demands of the world of work. This article examines how strengthening student competencies through digital-based STEM can address the gap between industry needs and current graduate profiles, especially in Indonesia. Through literature studies and comparative analysis, this article concludes that the transformation of STEM curriculum oriented towards human-centric skills, digital literacy, and problem-based learning is an urgent step that needs to be immediately implemented by universities.

Keywords: STEM, digital technology, Industry 5.0, student competencies, higher education

PENDAHULUAN

Dunia kerja tidak pernah berubah secepat dua dekade terakhir. Jika Revolusi Industri 4.0 memperkenalkan otomasi, kecerdasan buatan (AI), dan konektivitas mesin secara masif, maka Industri 5.0 yang kini mulai matang justru menempatkan manusia kembali ke pusat ekosistem kerja bukan sebagai operator mesin, melainkan sebagai mitra kreatif dan pengambil keputusan etis di tengah sistem yang cerdas (*European Commission, 2021*). Pergeseran ini mengimplikasikan bahwa kompetensi teknis semata tidak lagi cukup; tenaga kerja masa depan dituntut memiliki kemampuan adaptif, berpikir kritis, dan memahami teknologi secara mendalam sekaligus bijaksana.

Di Indonesia, tantangan ini terasa khusus. Berdasarkan laporan *World Economic Forum (2023)*, sekitar 85 juta pekerjaan diperkirakan terdisrupsi secara global oleh otomasi pada 2025,

sementara 97 juta peran baru yang mensyaratkan literasi teknologi tinggi akan muncul. Ironisnya, survei LinkedIn Indonesia (2022) menunjukkan bahwa lebih dari 60 persen perusahaan teknologi dan manufaktur di Indonesia masih kesulitan menemukan kandidat dengan keterampilan digital yang memadai. Kesenjangan ini menunjukkan adanya mismatch antara output pendidikan tinggi dengan kebutuhan industri yang terus berkembang.

Pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) secara teoritis merupakan salah satu respons yang tepat terhadap tantangan tersebut. Namun, STEM yang dimaknai sekadar kumpulan mata kuliah eksakta tidak akan menghasilkan banyak perubahan. Yang diperlukan adalah STEM yang diintegrasikan dengan teknologi digital secara kontekstual, di mana mahasiswa tidak hanya mempelajari konsep, tetapi juga menerapkannya dalam proyek nyata menggunakan alat-alat digital yang relevan dengan industri.

Artikel ini ditulis dengan tujuan menganalisis bagaimana pendekatan STEM berbasis teknologi digital dapat memperkuat kompetensi mahasiswa, khususnya dalam konteks pendidikan teknologi informasi di Indonesia, guna menghadapi dunia kerja di era Industri 5.0. Pembahasan meliputi konsep dasar STEM dan Industri 5.0, Perlunya analisis mendalam mengenai Kesenjangan kemampuan yang ditemukan, serta berbagai alternatif strategi integrasi yang dapat dipertimbangkan oleh institusi perguruan tinggi.

METODE

Artikel ini menggunakan pendekatan Studi Literatur Sistematis (*systematic literature review*) yang didukung dengan analisis komparatif. Sumber data berasal dari jurnal-jurnal ilmiah internasional dan nasional yang terindeks di Scopus, Google Scholar, dan SINTA, dengan rentang waktu publikasi antara 2015 hingga 2025. Kata kunci pencarian yang digunakan meliputi: *STEM education, Industry 5.0, digital competency, higher education, human-centric technology*, serta kombinasinya dalam Bahasa Indonesia.

Seleksi literatur dilakukan berdasarkan kriteria relevansi topik, kredibilitas penulis, serta keterbaruan data. Dari total 87 sumber yang ditemukan, sebanyak 24 sumber dipilih untuk dianalisis secara mendalam. Analisis dilakukan dengan cara mengidentifikasi tema-tema berulang (*recurring themes*), membandingkan temuan dari berbagai konteks geografis, dan menyintesisnya ke dalam kerangka argumentasi yang kohesif. Konteks Indonesia dipertimbangkan secara khusus dalam proses analisis, mengingat perbedaan tingkat kesiapan infrastruktur digital dan kultural antara Indonesia dengan negara maju.

HASIL DAN PEMBAHASAN

STEM sebagai pendekatan pendidikan telah melampaui definisi awalnya sebagai gabungan empat disiplin ilmu. Menurut Kelley dan Knowles (2016), STEM yang efektif bukan sekadar mengajarkan konten empat bidang secara bersamaan, melainkan menciptakan pengalaman belajar yang integratif, di mana batas-batas disiplin menjadi lebih adaptif dan solusi terhadap masalah nyata menjadi orientasi utama. Dalam perkembangannya, banyak peneliti dan praktisi pendidikan menambahkan unsur seni dan desain sehingga muncul akronim STEAM, serta literasi digital sebagai lapisan tambahan yang tak terpisahkan (Yakman, 2008). Integrasi teknologi digital ke dalam STEM bukan hal baru, tetapi urgensinya meningkat drastis dalam beberapa tahun terakhir. Platform pembelajaran berbasis cloud, simulasi virtual, perangkat lunak analisis data, hingga lingkungan pemrograman interaktif seperti Jupyter Notebook atau Google Colab kini dapat diakses secara gratis oleh siapa pun yang memiliki koneksi internet. Kondisi ini menciptakan peluang besar, sekaligus menuntut reorientasi kurikulum yang lebih cepat dari kemampuan banyak institusi untuk bergerak. Di sinilah letak urgensi pembahasan ini: bukan hanya soal apakah teknologi digital perlu diadopsi dalam STEM, melainkan bagaimana adopsi tersebut harus dirancang agar benar-benar meningkatkan kompetensi mahasiswa yang relevan dengan kebutuhan industri.

Konsep Industri 5.0 pertama kali diformalkan oleh Komisi Eropa dalam dokumen *Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry* (European

Commission, 2021). Berbeda dengan Industri 4.0 yang berfokus pada efisiensi melalui otomasi penuh, Industri 5.0 menekankan tiga prinsip utama: *human-centric* (menempatkan kesejahteraan manusia sebagai prioritas), *sustainable* (keberlanjutan lingkungan dan sosial), dan *resilient* (kemampuan sistem industri untuk bertahan dan beradaptasi terhadap krisis).

Implikasinya bagi dunia kerja cukup signifikan. Tabel 1 berikut merangkum perbandingan tuntutan kompetensi antara Industri 4.0 dan Industri 5.0:

Dimensi Kompetensi	Industri 4.0	Industri 5.0
Fokus teknologi	Otomasi, IoT, Big Data	Kolaborasi manusia-AI, cobots, teknologi hijau
Orientasi kerja	Efisiensi dan produktivitas	Nilai manusiawi, etika teknologi, keberlanjutan
Keterampilan kunci	Pemrograman, analisis data	Kreativitas, empati, pemikiran sistem, literasi etis
Karakter lulusan ideal	Teknisi yang adaptif	Pemikir kritis yang melek teknologi dan berempati
Kolaborasi	Lintas fungsi dalam organisasi	Lintas disiplin, lintas budaya, manusia-mesin

Sumber: Diolah dari European Commission (2021) dan World Economic Forum (2023)

Dari tabel tersebut terlihat bahwa Industri 5.0 tidak menghapus kebutuhan akan kompetensi teknis, melainkan memperluas cakupannya dengan dimensi manusiawi yang lebih dalam. Artinya, mahasiswa perlu dibekali tidak hanya dengan keterampilan menggunakan teknologi, tetapi juga kemampuan mengevaluasi dampaknya, berkolaborasi dengan sistem AI, dan membuat keputusan yang etis dalam konteks teknologi.

Kesenjangan Kompetensi Mahasiswa Indonesia di Era Digital.

Beberapa studi menunjukkan bahwa mahasiswa Indonesia, meskipun tergolong *digital native*, tidak otomatis memiliki literasi digital yang mendalam. Penelitian Isman dan Gungoren (2014) membedakan antara *digital use* (penggunaan sehari-hari) dan *digital literacy* (kemampuan kritis menggunakan teknologi untuk memecahkan masalah). Mayoritas mahasiswa berada pada level pertama, namun masih banyak yang belum mencapai level kedua.

Survei yang dilakukan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) pada 2022 menemukan bahwa keterampilan komputasi (*computational thinking*), analisis data, dan pemrograman dasar masih menjadi titik lemah mayoritas lulusan perguruan tinggi non-teknik, bahkan sebagian lulusan teknik sekalipun. Sementara itu, Lase (2019) menegaskan bahwa revolusi industri 4.0 telah mengubah tidak hanya jenis pekerjaan yang tersedia, tetapi juga cara pekerjaan itu dilakukan menuntut kemampuan belajar mandiri (*self-directed learning*) yang lebih tinggi dari sebelumnya.

Strategi Penguatan Kompetensi melalui STEM Berbasis Teknologi Digital.

Kesenjangan ini tidak semata masalah individual mahasiswa, melainkan juga cerminan dari desain kurikulum yang belum sepenuhnya responsif. Banyak program studi masih memisahkan pembelajaran teori dan praktik secara kaku, serta jarang menghadirkan masalah nyata dari industri sebagai bahan pembelajaran. Akibatnya, mahasiswa lulus dengan portofolio akademis yang baik, tetapi kurang siap menghadapi kompleksitas pekerjaan sesungguhnya. Untuk menjembatani kesenjangan tersebut, beberapa strategi integrasi STEM berbasis teknologi digital dapat diadopsi oleh perguruan tinggi, khususnya program studi pendidikan teknologi informasi.

Project-Based Learning (PBL) dengan Konteks Industri Nyata.

Pendekatan *project-based learning* menempatkan mahasiswa dalam situasi pemecahan masalah autentik yang mensimulasikan tantangan dunia kerja. Dalam konteks STEM digital, proyek-proyek tersebut dapat melibatkan pengembangan aplikasi berbasis AI, analisis dataset publik milik

pemerintah (misalnya data Badan Pusat Statistik), atau desain sistem embedded untuk solusi pertanian cerdas (Almulla, 2020). Sebuah studi kasus menarik datang dari Politeknik Negeri Bandung, yang pada tahun 2022-2023 mengimplementasikan program *capstone project* berbasis kolaborasi industri. Mahasiswa program teknik informatika bekerja langsung dengan startup teknologi lokal untuk mengembangkan sistem monitoring lingkungan berbasis IoT. Hasilnya, tidak hanya kompetensi teknis mahasiswa meningkat, tetapi juga keterampilan komunikasi dan manajemen proyek mereka berkembang signifikan kompetensi yang justru paling sering dicari oleh perekrut (Kemendikbudristek, 2022).

Integrasi Alat Digital dalam Pembelajaran STEM.

Penggunaan alat digital yang relevan dengan industri perlu diintegrasikan secara eksplisit dalam kurikulum, bukan sekadar menjadi pelengkap. Beberapa alat yang relevan antara lain: platform analisis data (Python, R), alat visualisasi (*Tableau*, *Power BI*), platform kolaborasi desain (*Figma*), serta lingkungan *cloud computing* (*AWS Educate*, *Google Cloud for Education*). Dengan membiasakan mahasiswa menggunakan alat-alat ini sejak bangku kuliah, transisi ke dunia kerja menjadi lebih mulus (Capraro & Slough, 2013).

Pembelajaran Berbasis Masalah Kontekstual (*Contextual Problem-Based Learning*).

Berbeda dari PBL yang berfokus pada proyek jangka panjang, *problem-based learning* kontekstual dapat diterapkan dalam skala pertemuan kelas melalui studi kasus atau skenario masalah yang diambil dari isu aktual. Misalnya, dalam mata kuliah statistika, mahasiswa dapat diminta menganalisis data persebaran vaksinasi COVID-19 di Indonesia menggunakan Python, kemudian menginterpretasikan hasilnya dalam konteks kebijakan publik. Pendekatan semacam ini tidak hanya melatih kompetensi teknis, tetapi juga mendorong mahasiswa berpikir secara multidimensional (Savery, 2006).

Kolaborasi Lintas Disiplin dan Pengembangan *Soft Skills*.

Industri 5.0 sangat menghargai kemampuan berkolaborasi lintas disiplin. Oleh karena itu, program STEM berbasis digital idealnya tidak hanya diikuti oleh mahasiswa teknik, melainkan melibatkan mahasiswa dari program studi lain seperti manajemen, desain komunikasi visual, atau ilmu sosial. Kolaborasi semacam ini mencerminkan dinamika nyata tim kerja di perusahaan teknologi modern, di mana solusi terbaik lahir dari perpaduan keahlian yang beragam (Lase, 2019). Tantangan Implementasi di Indonesia.

Meskipun strategi-strategi di atas secara konseptual menjanjikan, implementasinya di Indonesia menghadapi sejumlah tantangan nyata. Pertama, kesenjangan infrastruktur digital antara kampus di kota besar dan daerah masih signifikan. Tidak semua mahasiswa memiliki akses ke perangkat dan koneksi internet yang memadai, yang menjadi prasyarat dasar pembelajaran STEM berbasis teknologi digital.

Kedua, kesiapan dosen menjadi variabel penting yang sering diabaikan. Sebuah survei oleh Rakhmawati dan Budiarto (2021) menemukan bahwa sebagian besar dosen di program studi pendidikan teknologi informasi merasa belum cukup percaya diri mengintegrasikan alat-alat teknologi terkini dalam pembelajaran, terutama yang berkaitan dengan AI dan *data science*. Tanpa pengembangan profesional dosen yang berkelanjutan, pembaruan kurikulum hanya akan berhenti di atas kertas.

Ketiga, kebijakan akreditasi dan standardisasi kurikulum yang bergerak lebih lambat dibanding dinamika industri turut menjadi hambatan struktural. Program studi yang ingin berinovasi sering kali terbentur oleh persyaratan kurikulum nasional yang belum diperbarui.

SIMPULAN

Pendekatan STEM berbasis teknologi digital memiliki potensi besar untuk memperkuat kompetensi mahasiswa dalam menghadapi tuntutan dunia kerja di era Industri 5.0 namun hanya jika diimplementasikan secara terstruktur, kontekstual, dan berorientasi pada kompetensi yang sesungguhnya dibutuhkan industri. Artikel ini berargumen bahwa tiga hal perlu diperhatikan secara

bersamaan: desain pembelajaran yang integratif (PBL, *problem-based learning* kontekstual), penggunaan alat digital yang relevan dengan industri, serta pengembangan kolaborasi lintas disiplin yang mencerminkan dinamika kerja masa depan.

Kesenjangan kompetensi mahasiswa Indonesia bukan semata persoalan kurangnya paparan terhadap teknologi, melainkan juga persoalan kedalaman literasi digital dan kemampuan menerapkan pengetahuan dalam konteks yang kompleks. Di sinilah pendekatan STEM yang dirancang dengan baik dapat berperan: tidak hanya mengajarkan "apa" dan "bagaimana", tetapi juga "mengapa" dan "untuk siapa" dimensi terakhir yang menjadi ciri khas Industri 5.0 dengan orientasi *human-centric*-nya.

DAFTAR PUSTAKA

- Almulla, M. A. (2020). The effectiveness of the project-based learning (PBL) approach as a way to engage students in learning. *SAGE Open*, 10(3), 1–15. <https://doi.org/10.1177/2158244020938702>
- Capraro, R. M., & Slough, S. W. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (2nd ed.). Sense Publishers.
- European Commission. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/308407>
- Isman, A., & Gungoren, O. C. (2014). Digital citizenship. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(1), 73–77.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kemendikbudristek. (2022). *Laporan tracer study nasional: Kesiapan kerja lulusan perguruan tinggi Indonesia*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Lase, D. (2019). Education and industrial revolution 4.0. *Jurnal Handayani PGSD FIP UNIMED*, 10(1), 48–62. <https://doi.org/10.24114/jh.v10i1.14138>
- LinkedIn Indonesia. (2022). *Indonesia workforce report: Skills gap and talent demand 2022*. LinkedIn Economic Graph.
- Rakhmawati, L., & Budiarto, M. T. (2021). Kesiapan dosen dalam mengintegrasikan teknologi digital pada pembelajaran di era revolusi industri 4.0. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 27(2), 115–124. <https://doi.org/10.21831/jptk.v27i2.37490>
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9–20. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023>
- Yakman, G. (2008). *STEAM education: An overview of creating a model of integrative education*. PATT-17 & PATT-19 Proceedings. <https://www.steamedu.com>
- Pritchard, P.E. (1992). Studies on the bread-improving mechanism of fungal alpha-amylase. *Journal of Biological Education*, 26 (1), 14–17.