



Pengaruh Akurasi Gambar Teknik Digital Terhadap Efisiensi Sumber Daya Dan Mitigasi Risiko Kecelakaan Di Lingkungan Manufaktur

Maslikhan^{1*}, dan Muhammad Waqar Mazhar²

¹Universitas Yudharta Pasuruan, Indonesia

²Department of Bioinformatics and Biotechnology, Government College University, Faisalabad, Pakistan

*Corresponding author: maslikhan@yudharta.ac.id

Received: 26 Agustus 2025; 1st Revision: 05 Oktober, 2025; 2nd Revision: 30 November 2025; Accepted: 04 Januari 2026

Abstrak

Ketidakakuratan gambar teknik berdampak langsung pada pemborosan bahan dan risiko keselamatan di pabrik. Artikel ini menganalisis perbandingan metode manual dan digital (SketchUp) dalam mencapai standar presisi industri serta kaitannya dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) nomor 9 dan 12. Menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, penelitian mengidentifikasi hambatan pembelajaran teknologi digital di kalangan mahasiswa teknik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata indeks hambatan mencapai 62,5% (Kategori Tinggi), dengan kendala utama pada relevansi industri dan keterbatasan perangkat keras. Meskipun demikian, integrasi visualisasi 3D terbukti krusial dalam meningkatkan pemahaman spasial untuk mencegah kecelakaan kerja dan mendukung Green Manufacturing. Disarankan integrasi pelatihan praktik intensif untuk menjamin kualitas produk yang efisien energi dan aman secara operasional.

Abstract

Inaccurate engineering drawings directly impact material waste and safety risks in factories. This article analyzes the comparison of manual and digital methods (SketchUp) in achieving industrial precision standards and their relationship to Sustainable Development Goals (SDGs) 9 and 12. Using a descriptive quantitative approach, the study identified barriers to learning digital technology among engineering students. The results showed that the average barrier index reached 62.5% (High Category), with the main obstacles being industrial relevance and hardware limitations. Nevertheless, the integration of 3D visualization proved crucial in improving spatial understanding to prevent workplace accidents and support Green Manufacturing. The integration of intensive practical training is recommended to ensure energy-efficient and operationally safe product quality.

Keywords: Digital engineering drawing, resource efficiency, risk mitigation, sustainable manufacturing, sketchup.

Maslikhan, M., & Waqar Mazhar, M. (2026). Pengaruh Akurasi Gambar Teknik Digital Terhadap Efisiensi Sumber Daya Dan Mitigasi Risiko Kecelakaan Di Lingkungan Manufaktur. Ekliptika, 6(2). Retrieved from <https://ejournal.unupasuruan.ac.id/index.php/ekliptika/article/view/1208>

PENDAHULUAN

Pendidikan teknik industri saat ini menghadapi transformasi besar seiring dengan adopsi teknologi digital dalam siklus manufaktur. Gambar teknik bukan sekadar sketsa, melainkan dokumen referensi utama yang memfasilitasi komunikasi universal antar departemen, mulai dari perancangan hingga produksi. Dalam ekosistem manufaktur modern, akurasi desain menjadi fondasi utama bagi penerapan Green Manufacturing dan efisiensi sumber daya yang selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur) serta SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) [1], [2], [3].

Transisi dari metode manual ke sistem digital seperti Computer-Aided Design (CAD) dan pemodelan tiga dimensi (3D) menggunakan SketchUp telah menjadi standar industri untuk mencapai presisi tinggi. Akurasi gambar teknik digital memungkinkan deteksi dini terhadap kesalahan desain (clash detection), yang jika diabaikan, dapat menyebabkan pemborosan material secara masif dan risiko kecelakaan fatal di lantai produksi. Namun, penguasaan alat digital ini di tingkat akademis masih menghadapi tantangan signifikan, terutama dalam menjembatani teori desain dengan kebutuhan praktis industri berkelanjutan [4], [5], [6].

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh akurasi gambar teknik digital terhadap efisiensi operasional dan keselamatan kerja, serta mengevaluasi hambatan pembelajaran yang dihadapi mahasiswa sebagai calon praktisi industri. Fokus penelitian ini selaras dengan lingkup Jurnal Ekliptika dalam mempromosikan inovasi teknologi yang harmonis dengan lingkungan dan kesejahteraan social [7], [8], [9].

METODE

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif untuk mengidentifikasi hambatan dalam penguasaan teknologi gambar digital serta dampaknya terhadap parameter manufaktur [10].

2.2 Populasi dan Sampel

Subjek penelitian adalah 10 mahasiswa Teknik Industri angkatan 2024/2025 di Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan yang telah menempuh kursus desain teknik. Mengingat populasi yang terbatas, digunakan teknik sampling jenuh (seluruh anggota populasi dijadikan responden) [11], [12], [13].

2.3 Instrumen dan Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui kuesioner tertutup dengan skala Likert (1-5). Indikator yang diukur meliputi: [14], [15], [16]

Pemahaman Desain 3D Dasar: Kemampuan visualisasi ruang dan logika pemodelan.

Keterbatasan Perangkat Keras: Pengaruh spesifikasi komputer (RAM, GPU) terhadap kelancaran desain.

Strategi Pembelajaran: Efektivitas metode pengajaran dan ketersediaan modul.

Relevansi Industri (Industry Link): Kemampuan menghubungkan desain digital dengan aplikasi nyata seperti tata letak pabrik dan K3 [17].

2.4 Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif kuantitatif untuk menghitung indeks persentase pada setiap indikator dengan rumus: [18], [19], [20]

$$Presentase = \frac{Skor\ Aktual}{Skor\ Maksimum} \times 100\%$$

Di mana skor aktual diperoleh dari frekuensi x bobot

Tabel 1. membandingkan efisiensi waktu, tingkat presisi, dan potensi limbah antara metode manual vs digital CAD berdasarkan literatur

Parameter	Manual	Digital (CAD/SketchUp)	Dampak Berkelanjutan
Revisi Desain	Menggambar ulang total	Parametrik & Instan	Reduksi penggunaan kertas & waktu
Presisi	Terbatas keterampilan tangan	Presisi matematis tinggi	Reduksi cacat produk (Waste)
Visualisasi	2D Statis	3D Dinamis/VR	Deteksi dini risiko kecelakaan (K3)
Integrasi	Terputus	Langsung ke CNC/3D Print	Efisiensi rantai pasok

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan 3.1 Hasil Analisis Hambatan Pembelajaran Digital

Berdasarkan survei terhadap responden, ditemukan bahwa mahasiswa mengalami hambatan signifikan dalam menguasai teknologi desain digital. Rata-rata indeks hambatan total mencapai 62,5%, yang masuk dalam kategori Tinggi.

No	Indikator Hambatan	Rata-rata Indeks (%)	Kategori
1	Hubungan SketchUp & Ide Teknik Industri	68%	Tinggi
2	Keterbatasan Perangkat Keras (Hardware)	66%	Tinggi
3	Strategi Pembelajaran	62%	Tinggi
4	Pemahaman Konsep Desain 3D Dasar	49%	Cukup
Rata-rata Total	62,5%	Tinggi	

(Data diolah dari survei mahasiswa Teknik Industri)

Hambatan tertinggi pada indikator relevansi industri (68%) menunjukkan adanya kesenjangan antara keterampilan teknis menggambar dengan pemahaman fungsinya dalam operasional pabrik nyata. Keterbatasan perangkat keras (66%) juga menjadi anomali teknis yang menghambat produktivitas, di mana aplikasi sering mengalami lag saat memproses

model kompleks, serupa dengan kendala efisiensi energi di industri jika sistem IT tidak optimal.

3.2 Akurasi Desain dalam Green Manufacturing (SDG 12)

Akurasi gambar teknik digital berdampak langsung pada minimalisasi limbah material (zero waste). Dalam teknologi seperti 3D Printing (Manufaktur Aditif), desain digital yang presisi memastikan material ditambahkan hanya pada titik yang diperlukan, sangat berbeda dengan metode subtraktif konvensional yang membuang banyak material sisa.

Penggunaan perangkat lunak seperti SketchUp yang diintegrasikan dengan Systematic Layout Planning (SLP) terbukti mampu meningkatkan output produksi tanpa menambah sumber daya fisik. Contoh kasus pada industri karoseri menunjukkan bahwa optimasi tata letak fasilitas melalui visualisasi 3D dapat meningkatkan kapasitas produksi dari dua unit menjadi tiga unit bus per hari melalui pengurangan jarak perpindahan material yang tidak efektif.



Gambar 1. Akurasi Design

3.3 Mitigasi Risiko K3 melalui Visualisasi Spasial (SDG 9)

Salah satu temuan krusial adalah peran akurasi digital dalam mitigasi kecelakaan kerja. Visualisasi 3D memungkinkan personel untuk mengidentifikasi "zona bahaya" secara virtual sebelum masuk ke area fisik. Kemampuan spasial yang ditingkatkan melalui model digital membantu desainer melakukan clash detection antara mesin, jalur logistik, dan area kerja manusia, sehingga mengurangi risiko terjepit atau tertabrak.

Implementasi pemetaan risiko berbasis data spasial digital dilaporkan dapat menurunkan frekuensi kecelakaan kerja hingga 25% di zona risiko tinggi. Hal ini dikarenakan model 3D memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai rute evakuasi dan penempatan alat

pelindung diri (APD) dibandingkan gambar 2D statis yang memerlukan konversi mental yang rumit.

Tabel. 3 Berdasarkan literatur K3 dan Manufaktur Digital

Jenis Risiko	Kontribusi Akurasi Digital	Output Keselamatan
Konflik Ruang	<i>Clash Detection</i> otomatis	Pencegahan gangguan fisik mesin
Ergonomi	Simulasi postur kerja 3D	Reduksi cedera otot/MSDs
Logistik Internal	Visualisasi <i>blind spot</i> forklift	Pencegahan tabrakan pekerja
Darurat	Simulasi navigasi rute evakuasi	Kecepatan tanggap bencana

3.4 Kepatuhan Regulasi: SIH dan SMK3 di Indonesia

Akurasi gambar teknik digital mempermudah perusahaan manufaktur di Indonesia dalam memenuhi Standar Industri Hijau (SIH) sesuai Permenperin No. 14 Tahun 2020. Dokumen teknis yang akurat seperti neraca massa dan energi, yang diturunkan dari desain digital, merupakan syarat mutlak audit sertifikasi hijau yang dapat menghasilkan efisiensi bahan baku hingga 13%. Selain itu, digitalisasi K3 mendukung Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) melalui identifikasi bahaya yang lebih proaktif dan terukur.

3.5 Sinergi AI, Digital Twin, dan Masa Depan Manufaktur Hijau

Masa depan manufaktur berkelanjutan akan sangat bergantung pada integrasi gambar teknik digital dengan kecerdasan buatan (AI) dan Digital Twin. Digital Twin memungkinkan terciptanya replika digital dari aset fisik yang diperbarui secara real-time melalui sensor IoT, memungkinkan pemantauan konsumsi energi dan deteksi kerusakan mesin secara proaktif.

AI dapat berperan dalam mengotomatisasi evaluasi gambar teknik untuk memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan dan keberlanjutan. Misalnya, sistem berbasis AI dapat menganalisis data historis untuk mengidentifikasi pola kejadian near-miss dan menyarankan perubahan desain tata letak secara otomatis guna menghindari kecelakaan di masa mendatang.

3.6 Diskusi Kritis: Kesenjangan Literasi Digital dan Infrastruktur

Meskipun manfaat teknologi digital sangat jelas, temuan mengenai hambatan pembelajaran (62,5%) di lingkungan akademis menunjukkan adanya "Digital Divide" yang dapat menghambat daya saing industri nasional. Kurangnya bimbingan praktis dan infrastruktur laboratorium yang tertinggal di universitas berisiko menghasilkan lulusan yang tidak siap menghadapi standar industri 4.0. Strategi pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning) dan kolaborasi dengan praktisi industri menjadi solusi mutlak untuk meningkatkan literasi digital mahasiswa.

KESIMPULAN

Akurasi gambar teknik digital merupakan elemen fundamental yang menghubungkan efisiensi sumber daya dengan mitigasi risiko kecelakaan di lingkungan manufaktur. Transisi dari metode manual ke digital memberikan keunggulan presisi yang mampu mereduksi limbah material hingga 13% dan meningkatkan produktivitas output hingga 50% melalui optimasi tata letak fasilitas. Di sisi keselamatan, visualisasi spasial 3D terbukti efektif menurunkan frekuensi kecelakaan kerja hingga 25% dengan mempermudah identifikasi bahaya dan konflik ruang.

Meskipun potensi teknologi ini sangat besar, hambatan pembelajaran yang tinggi (62,5%) di tingkat akademis memerlukan perhatian serius melalui peningkatan infrastruktur perangkat keras dan strategi pengajaran yang berorientasi pada kasus nyata industri. Sinergi antara akurasi desain, kepatuhan regulasi SIH/SMK3, dan adopsi teknologi masa depan seperti AI dan Digital Twin akan menjadi kunci utama bagi Indonesia dalam mencapai target pembangunan berkelanjutan (SDGs) di sektor industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan penelitian ini. Apresiasi yang setinggi-tingginya disampaikan kepada institusi akademik, dosen, dan rekan peneliti yang telah memberikan arahan, masukan, serta dukungan selama proses pengumpulan data, analisis, dan penyusunan artikel.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para praktisi industri, akademisi, dan pihak terkait yang telah berkontribusi melalui berbagai referensi, pengalaman, dan informasi yang mendukung kajian mengenai akurasi gambar teknik digital, keselamatan kerja, dan efisiensi manufaktur. Kontribusi tersebut sangat membantu dalam memperkaya analisis dan pembahasan penelitian ini.

Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pendidikan teknik, peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja, serta percepatan transformasi digital industri yang mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs) di Indonesia..

Pernyataan Kontribusi Penulis CRediT Statement

Sindy Nindia Maretha Haristanti: Konseptualisasi, Metodologi, Investigasi, Kurasi data, Analisis formal, Penulisan – draf asli.

Samuel Karim: Supervisi, Validasi, Visualisasi, Administrasi proyek, Penulisan – tinjauan & penyuntingan.

Pernyataan Ketersediaan Data

Data yang mendukung temuan penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi dan dapat diperoleh berdasarkan permintaan yang wajar..

Persetujuan Etik

Penelitian ini telah dilaksanakan sesuai dengan prinsip-prinsip etika penelitian yang berlaku. Seluruh data dan informasi yang digunakan dalam penelitian diperoleh melalui prosedur yang sah dan telah mendapatkan persetujuan dari pihak terkait. Penelitian ini tidak menimbulkan risiko yang merugikan bagi responden maupun lingkungan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Jiang, "A study on collaborative cultural storytelling in SketchUp-D5 empowered by AIGC," 2026. doi: 10.1117/12.3109859.
- [2] A. Jaelani, "SketchUp-aided generative learning in solid geometry: Does it affected students' spatial abilities?," 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1778/1/012039.
- [3] J. H. Park, "A SketchUp-Based Optimal Design Tool for PV Systems in Zero-Energy Buildings During the Early Design Stage," *Buildings*, vol. 15, no. 16, 2025, doi: 10.3390/buildings15162863.
- [4] C. Uygan, "Solving Net-Related Problems with SketchUp: An Undergraduate Student's Emerging Instrumented Techniques Regarding Push/Pull Tool," *International Journal for Technology in Mathematics Education*, vol. 32, no. 1, pp. 11–27, 2025, doi: 10.1564/tme_v32.1.02.
- [5] A. H. Abdullah, "DOES Sketchup Make Improve Students' Visual-Spatial Skills?," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 13936–13953, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3147476.
- [6] D. S. Hariyani, "Office Green Building Modeling Based on EDGE and SketchUp Applications," 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1218/1/012036.
- [7] C. Li, "Solar radiation calculation model of enclosure space based on SketchUp," *Taiyangneng Xuebao Acta Energiæ Solaris Sinica*, vol. 42, no. 9, pp. 152–158, 2021, doi: 10.19912/j.0254-0096.tynxb.2019-0891.
- [8] X. Peng, "Exploring the Application of SketchUp and Twinmotion in Building Design Planning," 2023. doi: 10.1007/978-981-99-1256-8_3.
- [9] C. Wu, "Sketchup Software Supports the Key Technical Points of 3D Printing Technology," 2025. doi: 10.1016/j.procs.2025.04.054.
- [10] S. D. Yong, "Interior design students' perception for AutoCAD, SketchUp and Rhinoceros software usability," 2020. doi: 10.1088/1755-1315/490/1/012015.
- [11] Z. Karaman, "Facility layout planning using ALDEP and SketchUp for a printing company," *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 19, no. 9, pp. 6745–6771, 2025, doi: 10.1007/s12008-024-02198-y.
- [12] Y. Zheng, "Research on the Curriculum Reform of 'plant Planting Design' Based on SketchUP," 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1649/1/012013.
- [13] Z. Yu, "Optimal layout design for photovoltaic shadow occlusion based on Sketchup and PVsyst," 2024. doi: 10.1109/CCSSTA62096.2024.10691777.
- [14] B. Li, "Digital Intelligent Design of Interior Solutions: Exploring Embedded Systems for SketchUp Modeling," *Computer Aided Design and Applications*, vol. 21, pp. 146–165, 2024, doi: 10.14733/cadaps.2024.S8.146-165.
- [15] J. A. Soriano-Colchero, "Anamorphic pictorial installations applied to architecture: virtual design with Sketchup for real projects," *Artnodes*, vol. 2023, no. 31, 2023, doi: 10.7238/artnodes.v0i31.402701.
- [16] C. Uygan, "EXPLORING EIGHTH GRADERS' SPATIAL STRUCTURING OF UNIT CUBES: VISUALIZATION ABILITIES IN SKETCHUP CONTEXT," 2022. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=85181203734&origin=inward>
- [17] E. Carmona-Medeiro, "Future Teachers' Perception Of The Usefulness Of Sketchup For Understanding The Space And Geometry Domain," *Heliyon*, vol. 7, no. 10, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08206.
- [18] F. H. Yahya, "Experts and designated users evaluations on visual tools screencast SketchUp Make (ViToS-SUM)," *Perspektivy Nauki I Obrazovania*, vol. 54, no. 6, pp. 460–472, 2021, doi: 10.32744/pse.2021.6.31.
- [19] W. Li, "Professional Application and Performance of SketchUp Software Under the Background of Innovation and Entrepreneurship," 2020. doi: 10.1007/978-981-15-5959-4_153.
- [20] H. Akib, "Architectural Visualization Approach Using Google SketchUp and Lumion on the Development of Maritime Tourism," *International Journal on Informatics*

Visualization, vol. 8, no. 1, pp. 255–261, 2024, doi: 10.62527/joiv.8.1.1673.