
PENGGUNAAN TEKNOLOGI DALAM KEDOKTERAN FORENSIK MENGHADAPI ERA INDUSTRI 5.0

Raja Al Fath Widya Iswara*¹

¹Fakultas Kedokteran Universitas Halu Oleo

rajalfath@uho.ac.id

ABSTRAK

The era of Industry 5.0 is characterized by the synergistic integration of advanced digital technologies and humanistic values, emphasizing collaboration between intelligent machines and humans. In forensic medicine, this transformation offers significant potential to improve the accuracy, speed, and efficiency of post-mortem identification, wound analysis, and legal evidence presentation within the framework of criminal justice. Technologies such as artificial intelligence (AI), 3D imaging, the Internet of Medical Things (IoMT), and big data are beginning to play vital roles in enhancing forensic investigations, which were previously reliant on manual and conventional methods. This article aims to comprehensively analyze the application of these technologies in the context of forensic medicine in Indonesia. In addition to outlining the benefits and opportunities presented, this paper also explores the major challenges faced, such as infrastructure limitations, readiness of human resources, regulatory gaps, and ethical issues surrounding medical data privacy. Through a multidisciplinary approach, the article is expected to contribute to the formulation of strategic policies that support digital transformation in forensic medicine towards an adaptive and sustainable ecosystem in the Industry 5.0 era.

Kata kunci: *industry 5.0, forensic medicine, digital technology*

1. PENDAHULUAN

Industri 5.0, sebagai kelanjutan dari revolusi industri sebelumnya, tidak hanya menekankan pada otomatisasi dan kecanggihan teknologi, tetapi juga menempatkan manusia sebagai pusat dari setiap proses (Nahayandi, 2019). Konsep ini menandai integrasi antara kecerdasan buatan, robotika, dan teknologi digital dengan sentuhan nilai-nilai humanistik yang memperhatikan aspek kemanusiaan dan etika (Nahayandi 2019; Xu *et al.*, 2018). Dalam konteks kedokteran forensik, sinergi ini memungkinkan pendekatan yang lebih terperinci dan akurat dalam proses identifikasi jenazah, pemeriksaan luka, serta analisis bukti, yang semuanya menjadi dasar pembuktian dalam sistem peradilan pidana. Teknologi seperti *artificial intelligence* (AI), pencitraan medis 3D, dan *Internet of Medical Things* (IoMT) dapat mempercepat, mempermudah, dan meningkatkan akurasi dalam aplikasi kedokteran forensik (Esteva *et al.*, 2019, Madea, 2019).

Namun, meskipun teknologi kedokteran telah mengalami kemajuan yang signifikan, penerapan teknologi tersebut dalam kedokteran forensik di Indonesia masih menemui berbagai kendala. Keterbatasan infrastruktur, biaya, dan sumber daya manusia yang terlatih menjadi tantangan besar dalam mengintegrasikan teknologi modern ke dalam praktik forensik yang konvensional. Selain itu, adanya kesenjangan regulasi yang tidak sepenuhnya mendukung penggunaan teknologi digital dalam pemeriksaan *post-*

mortem menambah kompleksitas dalam implementasi teknologi ini. Ketidaksiapan sistem forensik Indonesia untuk mengadopsi teknologi mutakhir juga menciptakan hambatan dalam peningkatan kualitas dan kecepatan layanan forensik (Narasimhan *et al.*, 2021; Wankhade *et al.*, 2022).

Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan kajian mendalam mengenai bagaimana teknologi dapat diadopsi secara lebih efektif dan berkelanjutan dalam praktik kedokteran forensik di Indonesia. Pendekatan yang lebih holistik perlu dikembangkan dengan melibatkan berbagai sektor, termasuk sektor medis, hukum, serta kebijakan pemerintah. Penelitian ini bertujuan untuk menggali peluang dan tantangan dalam penerapan teknologi forensik di era Industri 5.0, serta memberikan rekomendasi mengenai langkah-langkah strategis yang dapat diambil untuk memaksimalkan potensi teknologi dalam memperkuat sistem peradilan pidana di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Pada artikel ini dipaparkan analisis deskriptif menggunakan studi literatur yang ada untuk menganalisis secara komprehensif penerapan berbagai teknologi tersebut dalam konteks kedokteran forensik di Indonesia. Kata kunci: "*forensic medicine*", "*digital forensics*", "*AI in forensics*", "*Industri 5.0*", "*3D imaging post-mortem*", "*IoMT*", "*big data in forensic science*". Database: PubMed, ScienceDirect, IEEE Xplore, Google Scholar. Tahun terbit: 2015–2025. Kriteria inklusi: artikel yang

relevan dengan integrasi teknologi di bidang kedokteran forensik. Kriteria eksklusi: artikel yang tidak berbahasa Inggris/Indonesia atau tidak relevan secara kontekstual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Era Industri 5.0 menghadirkan tantangan dan peluang baru dalam ranah kedokteran forensik. Berbeda dengan era sebelumnya yang lebih menekankan efisiensi dan otomatisasi melalui teknologi, Industri 5.0 menitikberatkan pada sinergi antara kecanggihan mesin dan nilai-nilai humanistik. Dalam konteks kedokteran forensik, pendekatan ini memungkinkan terciptanya sistem yang tidak hanya lebih cepat dan akurat dalam investigasi forensik, tetapi juga tetap menghargai nilai-nilai etis dan martabat korban. Integrasi teknologi canggih seperti AI, pencitraan 3D, IoMT, dan big data secara teoritis dapat mendukung proses identifikasi jenazah, analisis luka, serta penyusunan laporan forensik dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi (Nahayandi, 2019; Narasimhan *et al.*, 2021).

3.1 Kecerdasan Buatan (AI) dalam Kedokteran Forensik

Kecerdasan buatan (AI) telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi analisis forensik. Algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) dapat digunakan untuk menganalisis pola luka pada tubuh korban, memprediksi penyebab kematian, dan bahkan menyusun laporan forensik secara otomatis. Menurut beberapa studi, penggunaan AI dalam menganalisis data forensik dapat mengurangi ketergantungan pada penilaian subyektif, serta mempercepat proses identifikasi korban, terutama dalam kasus bencana massal atau situasi yang melibatkan banyak jenazah. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa AI dapat membantu dalam mengidentifikasi keterkaitan antar data, yang sebelumnya sulit ditemukan oleh analis manusia (Wankhade *et al.*, 2022; Sibha *et al.*, 2021).

3.2 Pencitraan 3D dan Virtopsi

Pencitraan 3D, yang digunakan dalam virtopsi (autopsi virtual), memungkinkan pemeriksaan jenazah tanpa perlu melakukan pembedahan fisik. Teknologi menggunakan *Computerized Tomography Scan* (CT Scan) dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) ini, memberikan gambaran yang lebih jelas dan akurat mengenai kondisi tubuh korban, serta dapat mengungkapkan informasi yang mungkin terlewatkan dalam pemeriksaan fisik konvensional. Studi yang dilakukan di beberapa negara maju menunjukkan bahwa virtopsi dapat digunakan sebagai alat pendukung untuk melakukan otopsi, terutama bagi korban yang berasal dari komunitas yang menolak otopsi invasif karena alasan budaya atau agama. Penggunaan virtopsi juga semakin populer dalam situasi bencana massal atau dalam upaya mempercepat identifikasi korban (Grabherr *et al.*, 2017).

3.3 *Internet of Medical Things* (IoMT) dan Big Data

Internet of Medical Things (IoMT) merujuk pada penggunaan perangkat medis yang terhubung untuk memantau kondisi jenazah secara *real-time*. Sensor yang terpasang pada tubuh korban dapat mengirimkan data penting mengenai kondisi tubuh setelah kematian, yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Teknologi ini juga dapat digunakan dalam pengumpulan data post-mortem untuk dianalisis lebih lanjut dalam sistem big data. Big data dalam kedokteran forensik memungkinkan pengumpulan dan analisis informasi dari berbagai sumber, termasuk riwayat medis korban, data kriminalitas, dan pola kematian, yang dapat membantu dalam pengembangan kebijakan pencegahan kejahatan, serta meningkatkan efisiensi dalam sistem peradilan pidana. Meskipun teknologi ini memberikan potensi besar, tantangan terkait keamanan data, etika, dan privasi tetap menjadi isu penting yang perlu ditangani (Biligere *et al.*, 2022).

3.4 Tantangan dalam Penerapan Teknologi di Indonesia

Meskipun teknologi ini menawarkan banyak manfaat, penerapan teknologi dalam kedokteran forensik di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satunya adalah keterbatasan infrastruktur dan sumber daya manusia yang terlatih. Beberapa rumah sakit atau lembaga forensik di Indonesia masih belum memiliki fasilitas dan perangkat teknologi yang memadai untuk mendukung penerapan teknologi canggih seperti AI atau virtopsi. Selain itu, regulasi hukum yang belum sepenuhnya mengakomodasi penggunaan teknologi digital dalam kedokteran forensik juga menjadi penghalang utama. Kesenjangan ini memperlambat adopsi teknologi yang dapat meningkatkan kualitas investigasi forensik dan pembuktian hukum (O'Sullivan *et al.*, 2017).

3.5 Rekomendasi dan Arah Kebijakan

Untuk mengatasi tantangan ini, penting bagi pemerintah dan institusi pendidikan kedokteran untuk bekerja sama dalam mengembangkan kurikulum yang mencakup keterampilan penggunaan teknologi (AI) khususnya dalam kedokteran forensik. Pelatihan untuk tenaga medis dan spesialis forensik dalam penggunaan teknologi canggih harus menjadi prioritas untuk menciptakan sumber daya yang siap menghadapi perkembangan teknologi. Selain itu, peraturan yang mendukung penggunaan teknologi dalam kedokteran forensik, terutama yang berkaitan dengan data medis dan etika penggunaannya, perlu segera diterapkan. Kebijakan yang mendukung kolaborasi antar lembaga, baik medis, hukum, maupun teknologi, juga diperlukan untuk menciptakan ekosistem yang adaptif terhadap perubahan teknologi di Indonesia. Penyediaan sarana dan prasarana dalam aplikasi penggunaan teknologi dalam kedokteran forensik juga hal yang penting dipersiapkan.

4. KESIMPULAN

Era Industri 5.0 membawa perubahan paradigma dalam praktik kedokteran forensik, dengan menekankan kolaborasi antara kecerdasan buatan dan nilai-nilai kemanusiaan. Berdasarkan hasil studi literatur, integrasi teknologi seperti AI, pencitraan 3D, *Internet of Medical Things* (IoMT), dan big data telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kecepatan proses forensik, khususnya dalam identifikasi korban, analisis luka, dan penyusunan laporan hukum.

Namun, di Indonesia, adopsi teknologi tersebut masih menghadapi sejumlah tantangan signifikan, seperti keterbatasan infrastruktur digital, kurangnya tenaga profesional yang terlatih secara teknologi, serta belum memadainya regulasi hukum yang mendukung bukti digital dan perlindungan data medis. Selain itu, isu etika dan privasi menjadi perhatian utama dalam pengelolaan informasi forensik digital.

5. DAFTAR PUSTAKA

- ESTEVA, A., ROBICQUET, A., RAMSUNDAR, B., KULESHOV, V., & DePRISTO, M. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24–29.
- GRABHERR, S., EGGER, C., VILARINO, R., CAMPANA, L., JOTTERAND, M., & DEDOUIT, F. (2017). Modern imaging techniques in forensic pathology: a review. *Legal Medicine*, 29, 54–61.
- MADEA, B. (2015). *Handbook of Forensic Medicine* (2nd^{ed}). Wiley-Blackwell.
- NAHAYANDI, S. (2019). Industry 5.0-A Human-Centric Solutions”, *Sustainability*, 11(16), 4371.
- NARASIMHAN, G., KRISHNAN, R., & KRISNAN, A. (2021). *Fourth Industrial Revolution and Business Dynamics: Issues and Implications*. Singapore: Palgrave Macmillan; Industrial revolution 4.0: transformation of job market; pp. 259–268.
- O’SULLIVAN, S., HOLZINGER, A., ZATLOKAL, K., SALDIVA, P., SAJID, M.I., & WICHMANN D. (2017). Machine learning enhanced virtual autopsy. *Autops Case Rep*, 8;7(4):3-7.
- SHIVANNA, D.B., STEPHAN, T., AL-TURJMAN, F., KOLHAR, M., & ALTURJMAN, S. (2022). IoMT-Based Automated Diagnosis of Autoimmune Diseases Using MultiStage Classification Scheme for Sustainable Smart Cities, *Sustainability*, 14(21), 13891.
- SIBHA, M., PRAVEEN, G., SACHAN, D.K., & PARTASARATHI, R. (2021). *Artificial Intelligence in Medicine*. Cham Springer. pp. 1–15
- WANKHADE, T.D., INGALE, S.W., MOHITE, P.M., BANKAR, & N.J.. (2022). Artificial intelligence in forensic medicine and Toxicology: The Future of Forensic Medicine” *Cureus*, 14(8):e28376.
- XU, M., DAVID, J.M., KIM, S.H., & DAVID. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges”, *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90–95.