



LITERATURE REVIEW: PENERAPAN BIG DATA DALAM KESEHATAN MASYARAKAT

Thirsya Widya Sulaiman¹, Raka Bagas Fitriansyah², Ahmad Rafif Alaudin³,
M. Hasyim Ratsanjani⁴

Politeknik Negeri Malang

Email: thirsya.widya@gmail.com¹, rakabgs2000@gmail.com², rafifayuzaki123@gmail.com³,
hsy@polinema.ac.id⁴

Abstract

This research is conducted to determine the correlation and implementation of big data towards public health, which can then become a solution in Indonesia that is currently facing the triple burden. This study will review previous literature to find and gather information that can fulfill the research objectives. The results of this research show that big data combined with other disciplines such as AI, IoT, and machine learning have their own benefits and challenges. The challenges include data privacy, accuracy of results, and validation of information spread. On the other hand, the benefits are used to assist in public service activities and government in achieving goals and solving problems regarding public health, through disease surveillance and signal detection, predicting public health risks leading to opportunities to implement prevention interventions, identifying and understanding more about diseases, developing more accurate drugs, and providing more precise care with existing drugs.

Keywords: Literature Review, Big Data, Public Health

Abstrak

Penelitian ini dilakukan guna mengetahui keterkaitan serta penerapan *big data* terhadap kesehatan masyarakat, yang kemudian dapat menjadi solusi di Indonesia yang tengah dilanda *triple burden*. Penelitian ini akan mengulas studi literatur terdahulu guna mencari dan mengumpulkan informasi yang dapat memenuhi tujuan penelitian. Adapun hasil dari penelitian ini *big data* yang digabungkan dengan ilmu lain seperti AI, *IoT* dan *mechine learning* yang memiliki manfaat serta tantangan tersendiri. Tantangannya mengenai privasi data, keakuratan hasil, dan validasi informasi yang tersebar. Sedangkan manfaatnya digunakan untuk membantu dalam kegiatan layanan masyarakat dan pemerintah dalam mewujudkan tujuan dan menyelesaikan masalah mengenai kesehatan masyarakat, dengan cara pengawasan penyakit dan deteksi sinyal, memprediksi risiko kesehatan masyarakat mengarah pada peluang untuk menerapkan intervensi pencegahan, melakukan identifikasi maupun pemahaman lebih mengenai penyakit, pengembangan obat yang lebih tepat dan perawatan yang lebih akurat dengan obat yang ada.

Kata Kunci: Literature Review, Big Data, Kesehatan Masyarakat

PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan hal yang perlu diwujudkan sebagai bentuk dari salah satu unsur kesejahteraan dan juga hak asasi manusia sebagaimana yang dimaksudkan dalam Pancasila dan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 (Undang-Undang No.36 tahun 2009). Segala hal yang dapat menimbulkan adanya gangguan kesehatan pada masyarakat Indonesia dapat berdampak pada kerugian ekonomi yang besar bagi negara, dan setiap upaya peningkatan derajat kesehatan masyarakat juga berarti investasi bagi pembangunan negara (Undang-Undang No.36 tahun 2009).

Kesehatan masyarakat (*public health*) adalah ilmu dan seni mencegah penyakit, memperpanjang hidup, dan meningkatkan kesehatan, melalui “Usaha-usaha Pengorganisasian Masyarakat” untuk perbaikan sanitasi lingkungan, pemberantasan

penyakit-penyakit menular, pendidikan untuk kebersihan perorangan, pengorganisasian pelayanan-pelayanan medis dan perawatan untuk diagnosis dini dan pengobatan, Pengembangan rekayasa sosial untuk menjamin setiap orang terpenuhi kebutuhan hidup yang layak dalam memelihara kesehatannya (Winslow, 1920).

Saat ini sektor kesehatan Indonesia tengah dihadapkan pada suatu kondisi yang disebut dengan *triple burden*, yakni suatu keadaan yang di dalamnya terdapat masalah penyakit menular dengan jumlah kasus yang masih tinggi, penyakit tidak menular yang prevalensinya semakin meningkat, dan juga munculnya kembali penyakit yang sudah berhasil diatasi sebelumnya (Isti Cahyani et al., 2020). Masalah *triple burden* memberikan tantangan untuk pelayanan kesehatan bahkan Pemerintah Indonesia. Sehingga pemerintah dan pelayanan kesehatan harus memberikan dukungan, solusi, dan jawaban untuk permasalahan yang terjadi di masyarakat. Dalam memberikan dukungan, solusi dan jawaban perlu adanya bukti ilmiah yang mendukung, tetapi bukti ilmiah sering kali kurang optimal karena data ilmiah yang sukar ditemukan (Saunders et al., 2020).

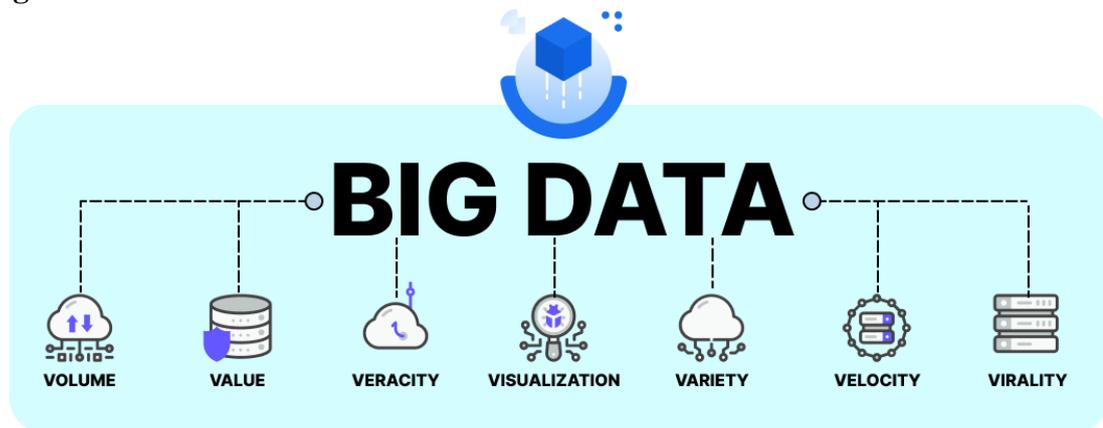
Pewujudan tujuan dan penanganan masalah dari kesehatan masyarakat pada era globalisasi, maka harus mengembangkan inovasi pelayanan kesehatan yang terus mengikuti perkembangan dan dituntut untuk bertambah maju dengan seiring berjalannya waktu. Inovasi pelayanan yang dikembangkan untuk pelayanan kesehatan masyarakat dapat diimplementasikan dengan baik menggunakan *big data* dalam pemrosesan, penyimpanan, dan analisis data yang biasanya di gabung dengan AI, *Internet-of-Things* dan *Machine Learning*. Penggunaan *big data* dalam sektor kesehatan masyarakat dapat meningkatkan kemampuan untuk perbaikan proses dan sistem tradisional, mencegah penyakit, meningkatkan kesehatan, dan mengurangi kesenjangan kesehatan dalam populasi dengan menerapkan metode dan teknologi baru untuk mengukur penyakit, patogen, paparan, perilaku, dan kerentanan dalam populasi; dan mengembangkan kebijakan dan program implementasi yang ditargetkan untuk meningkatkan kesehatan (Dolley, 2018). Tetapi, penggunaan *big data* dalam kesehatan masyarakat memiliki tantangan yaitu terdapat masyarakat yang tidak setuju mengenai privasi data, keakuratan hasil, dan validasi informasi yang tersebar.

METODE

Metode yang dipergunakan penulisan artikel ini merupakan *literature review*. Pencarian literatur internasional yang dilakukan menggunakan database Research Gate. Pada tahap awal pencarian jurnal penulis membuka website <https://www.researchgate.net/> dengan memakai istilah kunci “Big Data Public Health”, batasan mengambil jurnal serta hal lainnya yang diidentifikasi yang belum dieksplorasi relevansi menggunakan jurnal untuk dikompilasi. Mengenai pemilihan bahasa tidak dilakukan karena semua jurnal yang ditemukan telah menggunakan bahasa inggris. Dari jumlah jurnal yang ditemukan tersebut penulis hanya mengambil 14 jurnal yang dianggap relevan. Dari jumlah jurnal yang dipilih tersebut memiliki kriteria penuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Big Data



Gambar 1

Big Data sering dikaitkan dengan sistem makro berskala besar dengan pemrosesan data terdistribusi yang seringkali berada di luar kemampuan komputer desktop lokal dan perangkat lunak tradisional karena kendala yang dipaksakan oleh kecepatan dan volume pemrosesan. Pemrosesan informasi beragam dan dapat mencakup streaming pesan teks, gambar, video, dan file musik. Lima karakteristik Big Data berikut telah dikutip di masa lalu dan dapat terjadi dalam kombinasi yang berbeda:

- *Variabilitas* (kurangnya struktur, konsistensi, dan konteks);
- *Variasi* (termasuk file audio, citra, data numerik, dan data teks);
- *Velocity* (pemrosesan real-time dan kecepatan transmisi yang sangat tinggi);
- *Veracity* (akurasi, kebisingan, dan ketidakpastian dalam data);
- *Volume* (kumpulan data yang sangat besar).

Big Data mencakup informasi yang terstruktur, semi-terstruktur, atau tidak terstruktur, dan mungkin ada keterkaitan kompleks yang bersifat sintaksis, semantik, sosial, budaya, ekonomi, dan organisasi (Benke & Benke, 2018). Jumlah data yang dihasilkan dari aktivitas yang difasilitasi oleh Internet dan teknologi seluler belum pernah terjadi sebelumnya. Jumlah global langganan seluler mendekati angka populasi dunia, dengan total tingkat penetrasi 96%. Tingkat penetrasi seluler-seluler di negara berkembang adalah 89%, dan sekitar 40% populasi dunia terhubung ke internet. 82% populasi online dunia menggunakan media sosial dan jaringan (Vayena et al., 2015). Setiap karakteristik Big Data memberikan tantangan bagaimana seseorang mendapatkan nilai dari Big Data. Data besar volume dan variasi yang ditingkatkan sesuai dengan peningkatan bias, kebisingan, dan ketidaknormalan, yang meningkatkan pertanyaan tentang keabsahan data. Seseorang perlu menghilangkan "data kotor" yang melekat untuk mendapatkan nilai darinya. Sementara seseorang dapat mengakses dan menyimpan data historis untuk periode mendatang, seseorang juga menghadapi pertanyaan tentang caranya selama data tetap valid, siapa pemiliknya, dan apa hak

warga negara atas data tersebut. Ahli epidemiologi melakukan penelitian di LMICs mungkin menemukan sedikit kegunaan untuk data besar karena sifat terbatas yang tersedia data berbasis pasien, yang mencerminkan seberapa besar data memiliki tantangan dan peluang bagi kelompok pengguna yang berbeda(Sahay, 2016).

2. Kesehatan Masyarakat

Direktur Kantor Genomics Kesehatan Masyarakat di Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit (CDC) mendefinisikan 'presisi' dalam konteks kesehatan masyarakat sebagai “meningkatkan kemampuan untuk mencegah penyakit, meningkatkan kesehatan, dan mengurangi kesenjangan kesehatan dalam populasi dengan: 1) menerapkan metode dan teknologi baru untuk pengukuran penyakit, patogen, paparan, perilaku, dan kerentanan dalam populasi; 2) mengembangkan kebijakan dan tepat sasaran implementasi program untuk meningkatkan kesehatan”. Atas prioritas termasuk: deteksi dini wabah, modernisasi surveilans, dan intervensi kesehatan yang ditargetkan. Untuk mencapai perbaikan tersebut, komprehensif dan diperlukan data waktu nyata untuk dipelajari. Epidemiologi harus memperluas pengawasan ke berbagai domain informasi yang berbeda, seperti Internet dan media sosial, misalnya infodemiologi.(Prosperi et al., 2018)

Pusat Pengendalian Penyakit (CDC) juga mendefinisikan kesehatan masyarakat sebagai “ilmu melindungi dan meningkatkan kesehatan manusia dan komunitasnya” (5). Sedangkan dalam pengobatan presisi unit yang menarik adalah individu, pandangan kesehatan masyarakat populasi sebagai unit dasar untuk intervensi. Ini dicapai melalui praktik pencegahan dan intervensi dalam populasi. Dari definisi obat presisi sebelumnya, bisa kita perpanjang konsep untuk memasukkan "kesehatan masyarakat presisi"(Velmovitsky et al., 2021).

Melalui penetapan risiko kesehatan masyarakat mekanisme penilaian dan pencegahan di bawah latar belakang pencegahan dan pengendalian kolaboratif masyarakat, untuk lebih meningkatkan perawatan darurat masyarakat darurat kesehatan, kita harus lebih memperhatikan manajemen kedaruratan kedaruratan kesehatan masyarakat, perkuat tim bakat, dan gabungkan analisis data besar teknologi untuk membangun penilaian risiko kesehatan masyarakat dan model pencegahan dengan latar belakang masyarakat pencegahan dan pengendalian bersama.(Zhang & Pan, 2022)

3. Penerapan Big Data dalam Kesehatan Masyarakat

Terdapat beberapa jenis Big Data yang digunakan untuk kesehatan masyarakat, diantaranya adalah big data biologis, seperti profil exome dan metabolomik yang digunakan untuk penelitian etiologi dan skrining. Kemudian terdapat big data geospasial yang berupa karakteristik lingkungan yang digunakan untuk penelitian etiologi dan surveilans. Lalu terdapat big data rekam medis pasien dengan penyakit tertentu yang dapat digunakan untuk penelitian klinis maupun pengawasan. Big data yang didapat dari hasil pencarian pada internet seperti google maupun reddit yang

digunakan sebagai pengawasan, penyaringan, serta pengidentifikasian. (Mooney & Pejaver, 2018)

Penelitian *Big Data* berpeluang dalam penelitian kesehatan masyarakat. Jika digunakan dengan tepat maka akan menghasilkan dampak yang menguntungkan, misalnya dalam mengambil keputusan langkah-langkah yang tepat dalam pengobatan. Tetapi penggunaan Big Data membutuhkan kerangka kerja yang jelas dan transparan di berbagai tingkatan (Gutierrez et al., 2023). Peran Big Data dalam presisi kesehatan masyarakat dapat digunakan sebagai pengawasan penyakit dan deteksi sinyal, Memprediksi risiko kesehatan masyarakat mengarah pada peluang untuk menerapkan intervensi pencegahan, serta melakukan identifikasi maupun pemahaman lebih mengenai penyakit. Kesehatan masyarakat presisi masa depan akan transformatif. Ini akan mencakup aplikasi baru, modifikasi, dan penggunaan aset saat ini, termasuk media sosial dan platform komunikasi, kendaraan udara tak berawak, aplikasi seluler, pengurutan seluler, penyaringan mandiri, sensor, penemuan *internet-of-things* vaksin atau obat, dan banyak lagi. (Dolley, 2018b). Analisis multivariatif menunjukkan bahwa risiko lingkungan tertentu, faktor pengobatan, dan rehabilitasi sangat mempengaruhi transisi dari penyakit kronis. Akhirnya, model yang diusulkan juga memfasilitasi prognosis yang akurat terhadap risiko lingkungan dan faktor rehabilitasi. (Chan & Chang, 2020)

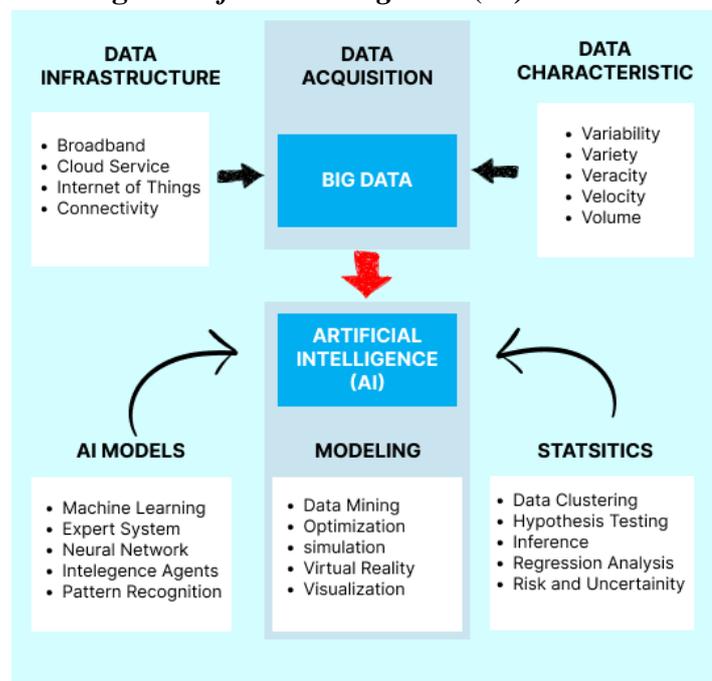
Selama dekade terakhir, telah terjadi peningkatan minat di bidang kedokteran presisi. Bidang ini mengeksplorasi pengembangan perawatan yang ditargetkan untuk individu berdasarkan faktor genetik, lingkungan, klinis, dan sosial (Velmovitsky et al., 2021). Dalam epidemiologi, big data dapat berperan sebagai pendeteksi dini penyebaran epidemi dengan melacak kueri online tentang gejala penyakit menggunakan media sosial seperti google search dan twitter. selain itu big data berperan sebagai kedokteran presisi, dimana uji klinis didasarkan pada pemilihan pasien menurut profil DNA yang menyediakan biomarker untuk pengobatan yang ditargetkan, daripada pendekatan standar yang digunakan untuk seluruh populasi. pemilihan individu dengan kelainan genetik yang sama untuk uji klinis mengarah pada pengembangan obat yang lebih tepat dan perawatan yang lebih akurat dengan obat yang ada. kombinasi AI dan Big Data memiliki potensi untuk memberikan efek mendalam pada masa depan. (Benke & Benke, 2018b)

Big data dapat memberikan informasi berguna yang memungkinkan sektor publik dan penyedia layanan kesehatan menilai sistem layanan kesehatan dan distribusi sumber daya mereka. Data perawatan kesehatan yang besar juga memiliki potensi besar untuk meningkatkan pemahaman kita tentang keefektifan perawatan di dunia nyata, serta insiden, manajemen, dan prognosis berbagai kondisi medis, terutama untuk penyakit langka. Informasi berguna yang diperoleh dari data besar akan memungkinkan profesional kesehatan memberikan perawatan medis yang lebih baik. Meskipun privasi informasi individu harus dilindungi, mengingat besarnya potensi data besar, data layanan kesehatan yang dihasilkan dalam proses pemerintah harus terbuka bagi peneliti

yang memiliki ide unik untuk memberikan informasi berguna terkait kesehatan masyarakat (Arima, 2016).

Sumber daya data yang perlu ditangani dengan tepat oleh industri perawatan kesehatan untuk menciptakan kemampuan data besar dikategorikan (a) data klinis, (b) pasien dan data sentimen, (c) administrasi dan data aktivitas biaya, dan (d) data farmasi dan R&D. Namun, untuk transformasi data menjadi kemampuan, proses analisis data diperlukan di antaranya. teknik analisis data kesehatan adalah: pemodelan, simulasi, pembelajaran mesin, visualisasi, penambangan data, statistik, web penambangan, pengoptimalan, penambangan teks, peramalan, dan jejaring sosial teknik analisis (Galetsi et al., 2019).

a. Integrasi Big Data dengan Artificial Intelligence (AI)



Gambar 2

Kombinasi AI dan Big Data memiliki potensi untuk memberikan efek mendalam pada masa depan. Peran tenaga medis maupun ahli diagnosis akan ditantang karena teknologi menjadi lebih luas dan terintegrasi (seperti integrasi big data dan AI, dimana big data berperan sebagai resource dan AI sebagai model). dengan adanya AI dan Big Data dalam dunia kesehatan masyarakat memungkinkan kedepannya manusia akan menempati peran baru sebagai generalis dan spesialis informasi, sehingga manusia dapat lebih bebas untuk mengelola dan mengintegrasikan informasi dalam konteks klinis, memberi saran tentang pengujian tambahan jika diperlukan, serta memberikan penduan berkelanjutan kepada dokter dan pasien. Big data, AI, dan *Machine Learning* sejauh ini telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam berbagai pengaturan percobaan bisnis dan industri untuk mengungkapkan pola tersembunyi dan memprediksi kemungkinan masa depan. Model lanjutan terbaru, seperti pembelajaran mendalam pendekatan jaringan netral buatan, telah menunjukkan hasil positif dalam

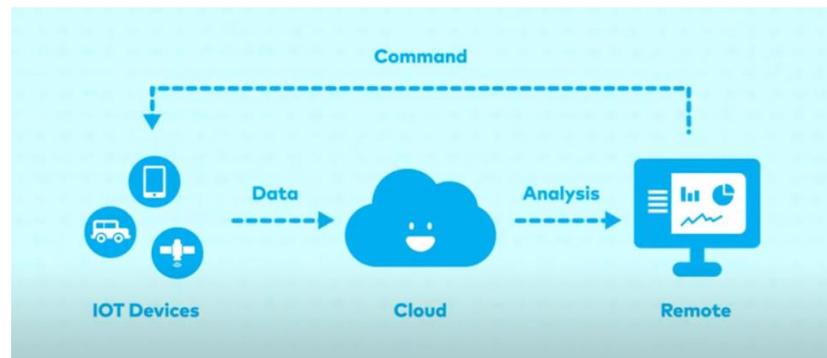
mengekstraksi struktur yang sangat nonlinier dari kumpulan data masif. Dalam konteks terkait penyakit, penelitian terbaru menggunakan metode AI untuk melacak reservoir hewan pengerat dari penyakit zoonosis di masa depan, memprediksi organisme penghasil Extended-spectrum b-lactamase (ESBL), dan mengendalikan penyakit tuberkulosis (TB) dan gonore menyebar (Wong et al., 2019).

b. Integrasi Big Data dengan Machine Learning

Machine Learning adalah istilah umum untuk teknik yang sesuai dengan model secara algoritme beradaptasi dengan pola dalam data. Teknik ini dapat diklasifikasikan sebagai salah satu dari (a) *Supervised Learning*, (b) *Unsupervised Learning*, dan (c) *Semi-supervised Learning*. *Supervised Learning* ditentukan oleh mengidentifikasi pola yang menghubungkan variabel dengan hasil yang diukur dan memaksimalkan akurasi saat memprediksi hasil tersebut. Misalnya, model regresi yang dipasang secara otomatis (termasuk model apa pun bentuk model linier umum) adalah teknik *Supervised Learning*. Sebaliknya, *Unsupervised Learning* mengeksplorasi sifat bawaan dari kumpulan data input untuk mendeteksi tren dan pola tanpa penunjukan eksplisit satu kolom sebagai hasil yang menarik. Misalnya, komponen utama analisis, yang mengidentifikasi struktur kovarians yang mendasari dalam data yang diamati, tidak diawasi. Semi-supervised Learning, semacam hibrida, digunakan dalam konteks di mana prediksi adalah tujuan tetapi mayoritas poin data tidak memiliki informasi hasil. Metode Semi-supervised Learning dan Unsupervised Learning sering digunakan dalam fase Data Mining sebagai prekursor untuk pendekatan Supervised Learning yang dimaksudkan untuk prediksi atau analisis statistik yang lebih ketat dalam tindak lanjut (Mooney & Pejaver, 2018).

Berbagai jenis big data yang telah dijelaskan pada ulasan sebelumnya dapat diolah menggunakan *Machine Learning* sehingga dapat bermanfaat bagi kesehatan masyarakat. Adapun beberapa contoh penerapan metode-metodenya seperti *K-means clustering* yang digunakan sebagai *Hot spot detection*, *Retrospective event detection* yang digunakan untuk penetapan kasus, *Content Analysis* digunakan untuk surveilans kesehatan masyarakat, *K-nearest neighbors clustering* digunakan untuk deteksi titik panas spatiotemporal, *Naive Bayes* digunakan untuk pengawasan sindrom gastrointestinal akut, *Neural Networks* digunakan untuk memprediksi kematian pada pasien trauma kepala atau memprediksi hasil vaksinasi influenza, *Support Vector Machine* digunakan untuk diagnosis diabetes melitus. Kemudian metode *Decision Tree* yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi bayi yang beresiko tinggi terkena infeksi bakteri serius. (Mooney & Pejaver, 2018).

c. Integrasi Big Data dengan Internet-of-Things (IoT)



Gambar 3 (Source : niagahoster.co.id)

Penerapan *big data* dengan *internet-of-things* yang berfokus pada penerapannya di sektor kesehatan masyarakat, dimana akan mengalami transformasi radikal yang tidak hanya menawarkan perbaikan untuk proses dan sistem tradisional. Sistem kesehatan yang berbasis *big data* dan *IoT* juga menawarkan mengenai pemantauan lanjutan sinyal fisiologis dan patologis, asupan obat, dan aktivitas. Tetapi sistem menginspirasi dan memungkinkan pendekatan, proses, dan aplikasi baru yang tak terduga seperti peningkatan lingkungan hidup, rehabilitasi di rumah, dan perawatan kesehatan pribadi (Aceto et al., 2020).

Internet-of-Things dapat diintegrasikan dengan *big data* untuk bidang kesehatan masyarakat. Salah satunya dengan diusulkannya sebuah sistem tanggap darurat medis secara *real-time* berbasis IoT dengan memanfaatkan analitik *big data*. Sistem yang diusulkan memberikan solusi yang menjanjikan untuk masalah tidak setujuan supositoria dengan secara otomatis sehingga dapat mengingatkan individu tentang resep mereka, serta membantu dan mendukung mereka dalam berbagai kesempatan (misalnya, meminta pertolongan pertama, dokter jarak jauh, kantor polisi, dll.). Selain itu untuk mengembangkan tindak lanjut berkelanjutan dan memantau tanda-tanda vital individu (kapan saja-di mana saja), sistem yang fleksibel dirancang berdasarkan *Intelligent Building* yang menganalisis data yang diterima dari berbagai sensor medis yang melekat pada berbagai orang. Oleh karena itu, sistem ini dapat digunakan untuk menumbuhkan masyarakat yang sehat dan dapat memberikan kontribusi yang lebih besar bagi pembangunan ekonomi negara (Rathore et al., 2016).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dari 14 *paper* yang menjadi objek penelitian diketahui bahwa semua *paper* yang digunakan mengindikasikan adanya pemanfaatan *big data* dalam sektor kesehatan masyarakat. Hal ini mengidentifikasi bahwa keberadaan *big data* yang digabungkan dengan ilmu lain seperti AI, *IoT* dan *machine learning* memiliki manfaat dan tantangan tersendiri. Tantangannya mengenai privasi data, keakuratan hasil, dan validasi informasi yang tersebar. Sedangkan manfaatnya digunakan untuk membantu dalam kegiatan layanan masyarakat dan pemerintah dalam mewujudkan tujuan dan menyelesaikan masalah mengenai kesehatan masyarakat, dengan cara pengawasan penyakit dan deteksi sinyal, memprediksi risiko kesehatan masyarakat mengarah pada peluang untuk menerapkan intervensi pencegahan, melakukan identifikasi maupun pemahaman lebih mengenai

penyakit, pengembangan obat yang lebih tepat dan perawatan yang lebih akurat dengan obat yang ada. Dengan diketahui banyaknya manfaat *big data* bagi kesehatan masyarakat di era globalisasi, maka tidak ada salahnya menerapkan *big data* untuk merumuskan suatu kebijakan kesehatan. Sehingga, kebijakan yang dihasilkan dapat terbentuk lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Aceto, G., Persico, V., & Pescapé, A. (2020). Industry 4.0 and Health: Internet of Things, Big Data, and Cloud Computing for Healthcare 4.0. In *Journal of Industrial Information Integration* (Vol. 18). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100129>
- Arima, H. (2016). Utilizing big data for public health. In *Journal of Epidemiology* (Vol. 26, Issue 3, pp. 105–105). Japan Epidemiology Association. <https://doi.org/10.2188/jea.JE20160036>
- Benke, K., & Benke, G. (2018). Artificial intelligence and big data in public health. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 15, Issue 12). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122796>
- Chan, C. L., & Chang, C. C. (2020). Big data, decision models, and public health. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Issue 18, pp. 1–7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186723>
- Dolley, S. (2018). Big data's role in precision public health. In *Frontiers in Public Health* (Vol. 6). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00068>
- Galetsi, P., Katsaliaki, K., & Kumar, S. (2019). Values, challenges and future directions of big data analytics in healthcare: A systematic review. In *Social Science and Medicine* (Vol. 241). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2019.112533>
- Gutierrez, A. C. Q., Lindegger, D. J., Heravi, A. T., Stojanov, T., Sykora, M., Elayan, S., Mooney, S. J., Naslund, J. A., Fadda, M., & Gruebner, O. (2023). Reproducibility and Scientific Integrity of Big Data Research in Urban Public Health and Digital Epidemiology: A Call to Action. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1473. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021473>
- Isti Cahyani, D., Irene Kartasurya, M., & Zen Rahfiludin, M. (2020). Nomor 1, Halaman 10-18. In *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia* (Vol. 15, Issue 10). <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jkmi>,
- Mooney, S. J., & Pejaver, V. (2018). *Big Data in Public Health: Terminology, Machine Learning, and Privacy*. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth>
- Prosperi, M., Min, J. S., Bian, J., & Modave, F. (2018). Big data hurdles in precision medicine and precision public health. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0719-2>
- Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., Wan, J., & Zhang, D. (2016). Real-time Medical Emergency Response System: Exploiting IoT and Big Data for Public Health. *Journal of Medical Systems*, 40(12). <https://doi.org/10.1007/s10916-016-0647-6>

- Sahay, S. (2016). Big data and public health: Challenges and opportunities for low and middle income countries. *Communications of the Association for Information Systems*, 39(1), 419–438. <https://doi.org/10.17705/1cais.03920>
- Saunders, G. H., Christensen, J. H., Gutenberg, J., Pontoppidan, N. H., Smith, A., Spanoudakis, G., & Bamiou, D. E. (2020). Application of Big Data to Support Evidence-Based Public Health Policy Decision-Making for Hearing. *Ear and Hearing*, 41(5), 1057–1063. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000850>
- Vayena, E., Salathé, M., Madoff, L. C., & Brownstein, J. S. (2015). Ethical Challenges of Big Data in Public Health. In *PLoS Computational Biology* (Vol. 11, Issue 2). Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003904>
- Velmovitsky, P. E., Bevilacqua, T., Alencar, P., Cowan, D., & Morita, P. P. (2021). Convergence of Precision Medicine and Public Health Into Precision Public Health: Toward a Big Data Perspective. In *Frontiers in Public Health* (Vol. 9). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.561873>
- Wong, Z. S. Y., Zhou, J., & Zhang, Q. (2019). Artificial Intelligence for infectious disease Big Data Analytics. In *Infection, Disease and Health* (Vol. 24, Issue 1, pp. 44–48). Australasian College for Infection Prevention and Control. <https://doi.org/10.1016/j.idh.2018.10.002>
- Zhang, H. Y., & Pan, T. (2022). Public Health Risk Assessment and Prevention Based on Big Data. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7965917>