

## **Hubungan Internet of Things (IoT) dan Machine Learning**

Perkembangan Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan besar dalam dunia teknologi modern. IoT memungkinkan perangkat fisik yang dilengkapi sensor, aktuator, dan modul komunikasi untuk saling terhubung, mengumpulkan, serta bertukar data secara real-time melalui jaringan internet. Konsep ini telah merevolusi berbagai sektor seperti rumah pintar, transportasi, industri 4.0, kesehatan, hingga pertanian cerdas [1]. Dengan jumlah perangkat IoT yang diperkirakan mencapai lebih dari 25 miliar pada tahun 2030, tantangan terbesar IoT bukan hanya konektivitas, melainkan juga bagaimana data yang dihasilkan dapat dianalisis secara efektif untuk menghasilkan nilai dan keputusan yang bermanfaat [2].

Dalam konteks ini, Machine Learning (ML) menjadi salah satu teknologi kunci untuk mengekstraksi pengetahuan dari data IoT. ML, sebagai bagian dari kecerdasan buatan, memungkinkan sistem untuk belajar dari data, mengenali pola, dan membuat prediksi tanpa perlu diprogram secara eksplisit [3]. IoT menghasilkan data dalam volume besar, bervariasi, dan seringkali bersifat real-time (big data IoT). Data semacam ini sulit dikelola hanya dengan metode konvensional, sehingga dibutuhkan algoritma pembelajaran mesin yang mampu melakukan klasifikasi, regresi, clustering, hingga deteksi anomali secara adaptif [4].

Hubungan IoT dan ML bersifat simbiotik. IoT menyediakan data dalam jumlah masif dari berbagai perangkat, sementara ML menyediakan “otak” analitik yang mampu mengolah data tersebut menjadi pengetahuan dan aksi. Misalnya, pada smart healthcare, sensor IoT dapat memantau detak jantung atau kadar oksigen pasien secara kontinu, lalu algoritma ML menganalisis data tersebut untuk mendeteksi pola abnormal dan memberikan peringatan dini [5]. Demikian pula pada smart city, data lalu lintas dari sensor IoT dianalisis menggunakan ML untuk mengoptimalkan manajemen transportasi dan mengurangi kemacetan [6].

Peran ML dalam meningkatkan nilai IoT dapat dikategorikan dalam beberapa aspek. Pertama, efisiensi operasional, di mana algoritma ML membantu mengoptimalkan penggunaan energi, meminimalkan downtime, dan mendukung predictive maintenance pada sistem industri [7]. Kedua, keamanan, di mana ML digunakan untuk mendeteksi serangan siber atau anomali dalam jaringan IoT yang rawan terhadap peretasan [8]. Ketiga, personalization dan adaptasi, di mana ML memungkinkan perangkat IoT menyesuaikan layanan berdasarkan preferensi pengguna, misalnya dalam smart home atau smart retail [9].

Meskipun integrasi IoT dan ML menjanjikan banyak manfaat, terdapat sejumlah tantangan. Volume data IoT yang sangat besar menuntut sistem komputasi dengan skalabilitas tinggi. Selain itu, keterbatasan sumber daya perangkat IoT (daya, prosesor, dan memori) membuat implementasi algoritma ML tidak selalu dapat dilakukan di sisi perangkat. Untuk mengatasi hal ini, pendekatan edge computing dan TinyML berkembang, di mana sebagian analitik ML dilakukan langsung pada perangkat IoT atau gateway terdekat guna mengurangi latensi dan ketergantungan pada cloud [10].

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa integrasi IoT dan ML merupakan fondasi bagi terbentuknya sistem cerdas, adaptif, dan otonom di berbagai bidang. IoT bertindak sebagai

“mata dan telinga” yang mengumpulkan data dari dunia fisik, sementara ML berfungsi sebagai “otak” yang menginterpretasikan data dan menghasilkan pengetahuan. Kombinasi keduanya tidak hanya meningkatkan efisiensi dan kecerdasan sistem, tetapi juga membuka peluang baru bagi inovasi teknologi di era digital. Namun, tantangan terkait skalabilitas, keterbatasan perangkat, serta keamanan dan privasi masih memerlukan solusi inovatif. Oleh sebab itu, hubungan IoT dan ML tetap menjadi topik riset penting yang akan terus berkembang dalam dekade mendatang.

## Referensi

- [1] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, dan M. Ayyash, “Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015.
- [2] Statista Research Department, “Number of IoT Connected Devices Worldwide 2019–2030,” *Statista*, 2023.
- [3] T. Mitchell, *Machine Learning*. McGraw-Hill, 1997.
- [4] S. Li, L. Da Xu, dan S. Zhao, “The Internet of Things: A Survey,” *Information Systems Frontiers*, vol. 17, no. 2, pp. 243–259, 2015.
- [5] M. M. Alam et al., “Wearable IoT Sensor Based Healthcare System Using Machine Learning,” *IEEE MobiHealth*, pp. 318–321, 2015.
- [6] R. Petrolo, V. Loscri, dan N. Mitton, “Towards a Smart City Based on Cloud of Things, a Survey on the Smart City Vision and Paradigms,” *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, vol. 28, no. 1, 2017.
- [7] S. Jeschke, C. Brecher, H. Song, dan D. Rawat, *Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems*. Springer, 2017.
- [8] Y. Meidan et al., “Detection of Unauthorized IoT Devices Using Machine Learning on Radio Frequency,” *arXiv preprint arXiv:1709.04647*, 2017.
- [9] D. Singh et al., “Machine Learning Based Internet of Things: State-of-the-Art and Future Research Directions,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 144559–144579, 2021.
- [10] A. Lane, S. Bhattacharya, dan N. D. Lane, “TinyML: Enabling On-Device Machine Learning in IoT,” *Foundations and Trends in Machine Learning*, vol. 14, no. 4, pp. 1–170, 2021.