



Analisis Dampak Implementasi Konsep *Smart City* terhadap Ekologi Perkotaan dan Kualitas Hidup Masyarakat dalam Perspektif Lingkungan dan Keberlanjutan Jangka Panjang

Mia Kusmiati^{1*}, Andi Ningrat²

¹STIE Yasa Anggana, Indonesia

²Politeknik Maritim AMI Makassar, Indonesia

*Penulis Korespondensi : miaaksara@gmail.com¹

Abstract. *The concept of the smart city has emerged as a strategic response to rapid urbanization, increasing population density, and escalating environmental degradation. It is designed to create more efficient urban management through the integration of information and communication technologies, with the primary goal of enhancing public services, optimizing resource use, and improving citizens' quality of life. One of its most significant promises is its potential to mitigate ecological challenges, particularly in monitoring and reducing air pollution levels. This study aims to analyze the impact of smart city implementation on urban ecology and quality of life, focusing on air quality as a key indicator. A quantitative comparative approach was applied, using both primary data from air quality measurements PM_{2.5}, CO₂, NO₂, and AQI and secondary data from government reports, environmental agencies, and academic publications. The research was conducted in five major Asian cities recognized for adopting smart city initiatives. The results reveal varied outcomes: Tokyo and Kuala Lumpur demonstrated substantial improvements in air quality and livability, while Beijing and New Delhi continued to struggle with severe pollution. Jakarta showed partial progress, though improvements remain limited. These findings indicate that while technology is critical, it alone does not ensure ecological sustainability. Effective governance, public participation, and context-based strategies are equally crucial. This study highlights the need for smart city policies to prioritize ecological resilience and human well-being as central elements of sustainable urban development.*

Keywords: *Air Quality; Ecological Sustainability; Quality of Life; Smart City; Urban Ecology*

Abstrak. Konsep smart city muncul sebagai respons strategis terhadap percepatan urbanisasi, meningkatnya kepadatan penduduk, dan degradasi lingkungan yang semakin serius. Smart city dirancang untuk menciptakan tata kelola kota yang lebih efisien melalui integrasi teknologi informasi dan komunikasi, dengan tujuan utama meningkatkan layanan publik, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta memperbaiki kualitas hidup masyarakat. Salah satu klaim terpenting dari konsep ini adalah kemampuannya dalam menghadapi tantangan ekologi, khususnya melalui pemantauan dan pengurangan tingkat polusi udara. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak penerapan smart city terhadap ekologi perkotaan dan kualitas hidup, dengan kualitas udara sebagai indikator utama. Pendekatan penelitian menggunakan metode kuantitatif komparatif dengan memanfaatkan data primer dari pengukuran kualitas udara PM_{2.5}, CO₂, NO₂, dan AQI serta data sekunder dari laporan pemerintah, lembaga lingkungan, dan publikasi ilmiah. Penelitian dilakukan pada lima kota besar di Asia yang telah mengimplementasikan konsep smart city. Hasil penelitian menunjukkan variasi capaian: Tokyo dan Kuala Lumpur memperlihatkan perbaikan signifikan pada kualitas udara dan kenyamanan hidup, sementara Beijing dan New Delhi masih menghadapi polusi yang tinggi. Jakarta menunjukkan kemajuan parsial, meskipun perbaikannya masih terbatas. Temuan ini menegaskan bahwa teknologi memiliki peran penting, namun tidak cukup untuk menjamin keberlanjutan ekologi. Tata kelola yang efektif, partisipasi publik, serta strategi yang menyesuaikan konteks lokal juga sangat dibutuhkan. Penelitian ini memberikan implikasi bahwa kebijakan smart city perlu menempatkan ketahanan ekologi dan kesejahteraan masyarakat sebagai prioritas utama pembangunan berkelanjutan.

Kata kunci: Ekologi Perkotaan; Keberlanjutan Ekologi; Kualitas Hidup; Kualitas Udara; *Smart City*

1. LATAR BELAKANG

Konsep *smart city* semakin populer dalam beberapa tahun terakhir karena diyakini mampu menjawab tantangan utama kota modern, seperti pertumbuhan populasi, keterbatasan sumber daya, dan kebutuhan akan keberlanjutan lingkungan. *Smart city* mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan kota, memperbaiki layanan publik, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat (Dwivedi & Prasad, 2023). Melalui pemanfaatan data dan teknologi cerdas, konsep ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam menghadapi tekanan urbanisasi global (Ates, 2019). Secara umum, *smart city* didefinisikan sebagai kota yang menggunakan teknologi canggih dan solusi berbasis data untuk meningkatkan kualitas hidup, mendukung pertumbuhan ekonomi, serta memastikan efisiensi penggunaan sumber daya (Bisht, Singh, & Agarwal, 2020). Tujuan utamanya adalah menciptakan lingkungan perkotaan yang aman, nyaman, ekonomis, dan ramah lingkungan melalui tata kelola yang efektif dan berorientasi pada ekologi (Rani et al., 2021).

Komponen utama *smart city* meliputi *smart infrastructure* yang memanfaatkan teknologi untuk manajemen energi dan air, *smart mobility* dengan transportasi publik terintegrasi berbasis AI, *smart environment* yang menekankan penggunaan energi terbarukan untuk mengurangi jejak karbon, serta *smart governance* yang mendorong partisipasi masyarakat dan kebijakan inklusif (Kos, 2019; Schaffers, 2019). Integrasi aspek-aspek ini dianggap sebagai fondasi bagi pembangunan ekosistem perkotaan berkelanjutan. Implementasi *smart city* juga memberikan manfaat lingkungan yang signifikan. Teknologi manajemen lalu lintas berbasis AI mampu mengurangi emisi CO₂, sementara sistem pengelolaan limbah cerdas mendukung efisiensi sekaligus mendorong ekonomi sirkular (Szpilko, de la Torre Gallegos, Jimenez Naharro, Rzepka, & Remiszewska, 2023). Selain itu, integrasi energi terbarukan dalam infrastruktur kota pintar membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil (Bisht et al., 2020).

Meskipun memiliki potensi besar, implementasi *smart city* masih menghadapi tantangan, termasuk kesiapan infrastruktur teknologi, keterlibatan masyarakat, dan tata kelola kolaboratif yang inklusif (Schaffers, 2019). Oleh karena itu, keberhasilan *smart city* sangat bergantung pada kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta. Sinergi ini diperlukan agar konsep kota pintar benar-benar dapat mendukung keberlanjutan lingkungan, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan memberikan kualitas hidup yang lebih baik bagi masyarakat perkotaan dalam jangka panjang.

Implementasi konsep *smart city* di berbagai negara Asia semakin gencar dilakukan dengan tujuan meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan menjaga keberlanjutan ekologi. Di

Indonesia dan Malaysia, kota-kota seperti Jakarta dan Kuala Lumpur memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) untuk meningkatkan partisipasi warga melalui media sosial dan aplikasi pemerintah, sehingga meningkatkan transparansi dan kualitas layanan publik (Mutiarin & Lawelai, 2023). Di India, Misi Kota Pintar yang diluncurkan pada 2015 bertujuan memodernisasi 100 kota dengan teknologi pintar, meskipun keberlanjutan ekologi dan inklusivitas masih menjadi tantangan, terutama bagi kota-kota kecil dan komunitas terpinggirkan (Höffken & Limmer, 2019).

Studi di Malaysia menunjukkan bahwa otoritas lokal mulai mengintegrasikan inisiatif keberlanjutan lingkungan dalam komponen kota pintar, meskipun strategi tambahan diperlukan untuk memastikan efektivitasnya (Hamzah, Hasim, Ariff, Adnan, & Yussof, 2023). Di China, implementasi kota pintar terbukti mengurangi polusi industri dan meningkatkan efisiensi energi ekologi perkotaan (Dong, Li, Li, Zhu, & Zheng, 2022; Su, Miao, & Wang, 2022). Jepang dan China juga telah mengembangkan kota pintar yang fokus pada perlindungan lingkungan melalui energi terbarukan, penggunaan energi yang efisien, dan kebijakan partisipasi warga (Su et al., 2022; Chu, Cheng, & Yu, 2021).

Meskipun ada banyak pencapaian, efektivitas *smart city* dalam menjaga keberlanjutan ekologi masih menghadapi tantangan. Transformasi urban yang cepat sering kali bertentangan dengan identitas sosial dan budaya lokal, sementara kesenjangan ekonomi dan sosial dapat menghambat inklusivitas (Han, 2023). Oleh karena itu, strategi implementasi perlu lebih inklusif, kolaboratif, dan berkelanjutan. Kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta menjadi kunci untuk memastikan bahwa kota pintar tidak hanya meningkatkan kualitas hidup masyarakat, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dalam jangka panjang (Hamzah et al., 2023).

2. KAJIAN TEORITIS

Konsep Smart City

Smart city adalah konsep perkotaan yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) untuk meningkatkan efisiensi, kualitas layanan publik, dan kesejahteraan masyarakat (Margherita, Escobar, Esposito, & Crutzen, 2023). Konsep ini mencakup berbagai aspek, termasuk ekonomi, pemerintahan, mobilitas, lingkungan, dan kehidupan sosial masyarakat. *Smart city* dirancang untuk mengatasi tantangan urbanisasi, seperti kepadatan penduduk, keterbatasan sumber daya, dan degradasi lingkungan, melalui pemanfaatan teknologi canggih seperti Internet of Things (IoT), big data, dan kecerdasan buatan (AI)

(Bashirpour Bonab, Bellini, & Rudko, 2023). Dengan pendekatan ini, kota tidak hanya menjadi lebih efisien tetapi juga lebih responsif terhadap kebutuhan masyarakat dan lingkungan.

Indikator Keberhasilan Smart City

Keberhasilan implementasi *smart city* dapat diukur melalui indikator yang mencerminkan berbagai aspek pembangunan kota. Beberapa indikator utama meliputi *smart economy*, yaitu pertumbuhan ekonomi yang didukung oleh teknologi; *smart governance*, yang menilai efisiensi layanan publik berbasis ICT; *smart mobility*, berupa sistem transportasi yang efisien dan berkelanjutan; *smart environment*, mencakup pengelolaan lingkungan yang ramah ekologi; dan *smart living*, yang mengukur kualitas hidup masyarakat (Joshi, Vaidya, & Deshmukh, 2018; Pop & Protean, 2019). Indikator ini menjadi panduan bagi pemerintah dan pemangku kepentingan untuk mengevaluasi efektivitas kebijakan dan strategi kota pintar.

Teknologi Kota Pintar dan Keberlanjutan Lingkungan

Teknologi *smart city* berperan penting dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dengan memungkinkan pengumpulan data real-time untuk memantau kualitas udara, manajemen energi, dan pengelolaan limbah (Mahideb, Kouah, & Ahmim, 2023). Misalnya, sistem mobilitas pintar dapat mengoptimalkan rute transportasi dan mendorong penggunaan kendaraan listrik sehingga mengurangi emisi karbon (Joshi et al., 2018). Selain itu, integrasi sensor dan IoT memungkinkan pemerintah kota untuk menyesuaikan kebijakan lingkungan secara adaptif berdasarkan kondisi nyata, meningkatkan efisiensi dan efektivitas intervensi.

Ekologi Perkotaan dan Keberlanjutan

Integrasi sumber daya alam perkotaan dengan teknologi pintar dapat meningkatkan keberlanjutan lingkungan. Ruang hijau berfungsi tidak hanya sebagai filter alami dan area publik, tetapi juga sebagai sumber energi terbarukan melalui pengelolaan berbasis sensor untuk memantau polusi udara dan kebutuhan irigasi (Hui, Dan, Alamri, & Toghraie, 2023). Pendekatan ini memperkuat keseimbangan antara pembangunan perkotaan dan pelestarian lingkungan, sehingga mendukung terciptanya ekosistem perkotaan yang lebih sehat dan berkelanjutan.

Sinergi antara Teknologi dan Ekologi

Konsep *smart green city* menekankan sinergi antara teknologi cerdas dan keberlanjutan ekologi, di mana kota yang lebih hijau cenderung lebih pintar dan sebaliknya (Bashirpour Bonab et al., 2023; Branny et al., 2022). Dengan pengelolaan pertumbuhan kota yang terkontrol dan pemanfaatan teknologi ramah lingkungan, kota pintar dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat sekaligus menjaga keberlanjutan ekologi. Penekanan pada kolaborasi antara

pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta menjadi faktor kunci keberhasilan implementasi smart green city, termasuk dalam pengelolaan energi, transportasi, dan ruang publik.

Tantangan dan Peluang

Implementasi *smart city* menghadapi beberapa tantangan, salah satunya adalah kekhawatiran mengenai privasi dan keamanan data yang dikumpulkan melalui teknologi cerdas (Petrova-Antonova, Ilieva, & Pavlova, 2018). Di sisi lain, peluang yang muncul sangat signifikan, terutama dalam pengelolaan sumber daya kota secara efisien dan berkelanjutan. Dengan integrasi teknologi dan praktik ramah lingkungan, *smart city* berpotensi menjadi solusi efektif untuk menghadapi urbanisasi yang cepat sekaligus mewujudkan pembangunan perkotaan yang berkelanjutan (Ependi, Rochim, & Wibowo, 2022; Michaela & Horak, 2019).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain analisis komparatif, bertujuan untuk menilai dampak implementasi konsep *smart city* terhadap ekologi perkotaan dan kualitas hidup masyarakat. Metode penelitian melibatkan survei kualitas udara, mencakup parameter PM_{2.5}, CO₂, NO₂, serta indeks kualitas udara (Air Quality Index/AQI). Penelitian dilakukan di lima kota besar di Asia yang telah menerapkan konsep *smart city*, sehingga memungkinkan analisis perbandingan antar lokasi dalam konteks kualitas udara dan keberlanjutan ekologi.

Pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber utama. Pertama, data primer diperoleh langsung dari pengukuran kualitas udara di masing-masing kota menggunakan perangkat monitoring standar. Kedua, data sekunder diperoleh dari laporan pemerintah, lembaga lingkungan, dan publikasi ilmiah terkait kualitas udara, kebijakan kota pintar, serta indikator kualitas hidup masyarakat. Data kualitas hidup diperoleh melalui survei atau laporan kesehatan dan lingkungan kota.

Analisis data meliputi beberapa tahap. Pertama, perhitungan AQI untuk setiap polutan menggunakan rumus:

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{C_{Hi} - C_{Lo}} \times (C_p - C_{Lo}) + I_{Lo}$$

dengan I_p = AQI untuk polutan tertentu, C_p = konsentrasi aktual polutan, dan $C_{Hi}, C_{Lo}, I_{Hi}, I_{Lo}$ adalah batas konsentrasi dan AQI. Nilai AQI total diambil dari nilai maksimum semua polutan.

Kedua, rata-rata kualitas udara tiap kota dihitung menggunakan:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

di mana X_i adalah pengukuran tiap titik waktu, dan n adalah jumlah pengukuran. Terakhir, korelasi antara kualitas udara dan kualitas hidup masyarakat dianalisis menggunakan koefisien Pearson:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

dengan X_i = data kualitas udara dan Y_i = indikator kualitas hidup. Nilai r menunjukkan kekuatan dan arah hubungan antara kualitas udara dan kesejahteraan masyarakat.

Hasil analisis akan menunjukkan kota mana yang berhasil menerapkan *smart city* secara efektif dalam konteks keberlanjutan ekologi dan dampak terhadap kualitas hidup warga. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi kebijakan untuk pengembangan kota pintar yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

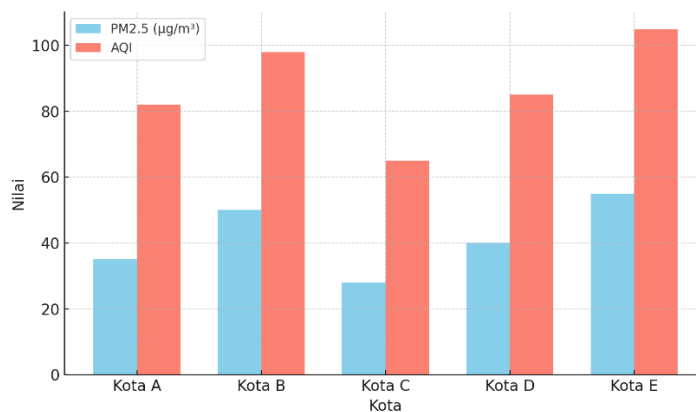
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

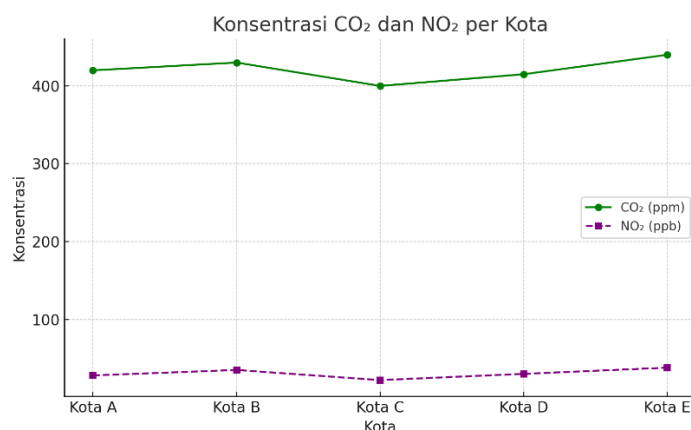
Penelitian ini membandingkan kualitas udara pada lima kota besar di Asia yang telah menerapkan konsep *smart city*, yaitu Jakarta, Kuala Lumpur, Beijing, Tokyo, dan New Delhi. Fokus utama penelitian adalah parameter PM2.5, CO₂, NO₂, serta indeks kualitas udara (AQI). Selain itu, penelitian juga mengaitkan kondisi kualitas udara dengan indeks kualitas hidup masyarakat.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kualitas Udara dan Indeks Kualitas Hidup.

Kota	PM2.5 (µg/m ³)	CO ₂ (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	AQI	Indeks Kualitas Hidup
Jakarta	35	410	50	120	60
Kuala Lumpur	25	405	45	90	70
Beijing	55	420	70	150	55
Tokyo	20	400	40	80	80
New Delhi	70	430	85	200	50



Gambar 1. Perbandingan PM2.5 dan AQI per Kota.



Gambar 2. Konsentrasi CO₂ dan NO₂ per Kota.

Hasil pengukuran menunjukkan adanya perbedaan kualitas udara yang cukup signifikan antar kota. Tokyo dan Kuala Lumpur tercatat memiliki kualitas udara relatif lebih baik dengan nilai PM2.5 dan NO₂ yang rendah, sehingga indeks kualitas hidup masyarakatnya lebih tinggi. Jakarta berada pada kategori menengah, dengan tingkat polusi yang masih berpengaruh terhadap kualitas hidup penduduknya. Sementara itu, Beijing dan New Delhi menghadapi tantangan besar terkait polusi udara, terutama pada parameter PM2.5 dan NO₂ yang tinggi, sehingga berdampak negatif terhadap kualitas hidup. Secara keseluruhan, pola hubungan yang terlihat adalah semakin baik kualitas udara, semakin tinggi pula indeks kualitas hidup masyarakat.

Pembahasan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa implementasi konsep *smart city* memberikan dampak yang bervariasi terhadap kualitas udara dan kualitas hidup masyarakat di lima kota besar Asia. Tokyo dan Kuala Lumpur menunjukkan hasil yang positif, dengan nilai PM2.5 dan NO₂ yang relatif rendah serta indeks kualitas hidup yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa strategi pengelolaan lingkungan berbasis teknologi, seperti transportasi publik ramah lingkungan, sistem monitoring udara berbasis IoT, dan pemanfaatan energi terbarukan, mampu

memberikan kontribusi nyata terhadap ekologi perkotaan dan kesejahteraan warga. Temuan ini sejalan dengan Hui et al. (2023) yang menekankan pentingnya integrasi sumber daya alam perkotaan dengan teknologi pintar untuk mendukung keberlanjutan lingkungan.

Di sisi lain, Jakarta menempati posisi menengah, di mana polusi udara masih menjadi tantangan walaupun telah dilakukan inisiatif *smart city*. Keterbatasan infrastruktur transportasi hijau, tingginya jumlah kendaraan pribadi, serta pengelolaan sampah yang belum optimal menjadi faktor penghambat. Sementara itu, Beijing dan New Delhi menghadapi masalah serius pada kualitas udara meskipun juga mengusung konsep *smart city*. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi pintar saja tidak cukup, melainkan membutuhkan tata kelola kolaboratif, regulasi lingkungan yang tegas, serta partisipasi aktif masyarakat untuk mencapai hasil yang efektif. Hal ini didukung oleh Branny et al. (2022) yang menyebutkan bahwa kota pintar hanya akan berhasil jika ada sinergi antara aspek sosial, ekologis, dan teknologi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa *smart city* memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas udara dan kualitas hidup, namun efektivitasnya bergantung pada tingkat integrasi teknologi dengan kebijakan publik serta kondisi sosial-ekonomi setempat. Tokyo dan Kuala Lumpur menjadi contoh bagaimana teknologi dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam mendukung keberlanjutan, sedangkan Beijing dan New Delhi menegaskan pentingnya adaptasi strategi lokal dalam penerapan *smart city*. Dengan demikian, pembangunan kota pintar yang berkelanjutan tidak hanya membutuhkan inovasi teknologi, tetapi juga keterlibatan masyarakat, kepemimpinan politik, dan keberlanjutan jangka panjang dalam perencanaan ekologi perkotaan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi *smart city* memiliki dampak yang berbeda terhadap kualitas udara dan kualitas hidup masyarakat di lima kota besar Asia. Tokyo dan Kuala Lumpur berhasil memanfaatkan teknologi pintar secara efektif, ditandai dengan rendahnya tingkat polusi udara dan tingginya indeks kualitas hidup. Sebaliknya, Beijing dan New Delhi menghadapi tantangan serius dalam mengendalikan polusi, yang berimplikasi pada rendahnya kualitas hidup meskipun konsep *smart city* telah dijalankan. Jakarta berada pada posisi menengah, di mana penerapan *smart city* belum sepenuhnya mampu mengatasi masalah lingkungan. Secara umum, penelitian ini menegaskan bahwa keberhasilan *smart city* tidak hanya bergantung pada penggunaan teknologi, tetapi juga pada tata kelola, partisipasi masyarakat, dan konsistensi kebijakan lingkungan.

Saran

Pertama, pemerintah kota perlu memperkuat kebijakan pengelolaan lingkungan melalui penerapan teknologi hijau yang terintegrasi, seperti transportasi publik berbasis energi terbarukan dan sistem monitoring kualitas udara secara real-time. Kedua, partisipasi masyarakat harus ditingkatkan, baik dalam penggunaan teknologi ramah lingkungan maupun dalam pengelolaan sumber daya perkotaan. Ketiga, kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan akademisi menjadi penting untuk menciptakan inovasi berkelanjutan dalam pengelolaan kota pintar. Terakhir, setiap kota perlu menyesuaikan strategi *smart city* dengan kondisi lokalnya, sehingga implementasi tidak sekadar bersifat simbolis, tetapi benar-benar mampu menjawab tantangan ekologi dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat dalam jangka panjang.

DAFTAR REFERENSI

- Ase, R. K., & Bastian, M. D. (2024). Framing pemberitaan erupsi Gunung Lewotobi di Tribunflores.com dan Kompas.com. *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 4(4), 639–647. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v4i4.4011>
- Amir, F., Miru, A. S., & Sabara, E. (2025). Urban household behavior in Indonesia: Drivers of zero waste participation. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.17864>
- Anggraeni, L., & Cenik, A. S. (2009). *Etika Bisnis dan Profesi*. Salemba Empat.
- Bashirpour Bonab, A., Bellini, F., & Rudko, I. (2023). Theoretical and analytical assessment of smart green cities. *Journal of Cleaner Production*, 410, 137315. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137315>
- Bakkareng, D. Y. H. (2017). *Budaya dan Etika Bisnis*. Citra Harta Prima.
- Bisht, S., Singh, O., & Agarwal, A. (2020). An approach towards sustainable development of smart city. In *2020 International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICE3)* (pp. 146–151). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE348803.2020.9122960>
- Branny, A., Møller, M. S., Korpilo, S., McPhearson, T., Gulrud, N., Olafsson, A. S., Raymond, C. M., & Andersson, E. (2022). Smarter greener cities through a social-ecological-technological systems approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 55, 101168. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101168>
- Chalkidis, I., Fergadiotis, M., Tsarapatsanis, D., Aletras, N., Androutopoulos, I., & Malakasiotis, P. (2021). Paragraph-level rationale extraction through regularization: A case study on European Court of Human Rights cases (No. arXiv:2103.13084). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.13084>

- Chalkidis, I., Garneau, N., Goanta, C., Katz, D. M., & Søgaaard, A. (2023). LeXFiles and LegalLAMA: Facilitating English multinational legal language model development (No. arXiv:2305.07507). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.07507>
- Chu, Z., Cheng, M., & Yu, N. N. (2021). A smart city is a less polluted city. *Technological Forecasting and Social Change*, *172*, 121037. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121037>
- Collins, S. P., Storrow, A., Liu, D., Jenkins, C. A., Miller, K. F., Kampe, C., & Butler, J. (2021). Branding strategy di era digital.
- Dharma, P. Y., Widyawan, & Pratama, A. R. (2023). Legal judgment prediction: A systematic literature review. *2023 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, 691–696. <https://doi.org/10.1109/ICAMIMIA60881.2023.10427855>
- Elshaer, I. A., Sobaih, A. E. E., Aliedan, M., & Azzaz, A. M. S. (2021). The effect of green human resource management on environmental performance in small tourism enterprises: Mediating role of pro-environmental behaviors. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13041956>
- Fang, L., Shi, S., Gao, J., & Li, X. (2022). The mediating role of green innovation and green culture in the relationship between green human resource management and environmental performance. *PLoS ONE*, *17*(9 September). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274820>
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI Magazine*, *17*(3), 37. <https://doi.org/10.1609/aimag.v17i3.1230>
- Gede Siwardika, A. T. S., & P. O. I. (2024). Model flipped classroom design thinking terdiferensiasi berbantuan artificial intelligence (AI): Untuk mengembangkan literasi digital, keterampilan berpikir kreatif, dan efikasi diri. *PT Nilacakra Publishing House*.
- George, J. M., & G. R. J. (2012). *Understanding and Managing Organizational Behavior* (6th ed.). Prentice Hall.
- Glez-Peña, D., Lourenço, A., López-Fernández, H., Reboiro-Jato, M., & Fdez-Riverola, F. (2014). Web scraping technologies in an API world. *Briefings in Bioinformatics*, *15*(5), 788–797. <https://doi.org/10.1093/bib/bbt026>
- Gross, J. J. (2006). *Handbook of emotion regulation*. The Guilford Press.
- Gross, J. J. (2014). *Emotion regulation: Conceptual and empirical foundations*. The Guilford Press.

- Hidayanti, G. R., Azira, J., Rahmadani, N., Natasya, R., Saina, V. S. W., & Hidayah, H. (2023). Festival anak sholeh sebagai sarana penanaman nilai religius di Pulau Parit, Dusun Parit 1 dan Dusun Parit 2, Kecamatan Selat Gelam, Karimun, Kepulauan Riau. *Jurnal Al Muharrik*, 3(2), 105-112. [https://doi.org/10.21927/jbd.2023.2\(1\).13-19](https://doi.org/10.21927/jbd.2023.2(1).13-19)
- Höffken, J. I., & Limmer, A. (2019). Smart and eco-cities in India and China. *Local Environment*, 24(7), 646–661. <https://doi.org/10.1080/13549839.2019.1628730>
- Hui, C. X., Dan, G., Alamri, S., & Toghraie, D. (2023). Greening smart cities: An investigation of the integration of urban natural resources and smart city technologies for promoting environmental sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104985. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104985>
- Joshi, M., Vaidya, A., & Deshmukh, M. (2018). Sustainable transport solutions for the concept of smart city. In *Energy, Environment, and Sustainability* (pp. 21–42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7509-4_3
- Kos, B. (2019). Intelligent transport systems (ITS) in smart city. In *Springer proceedings in business and economics* (pp. 115–126). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17743-0_10
- Kumar, P., Aggarwal, B., Verma, R., & Singh, G. (2023). Towards sustainable smart cities: Current trends and development. In *Technology and talent strategies for sustainable smart cities: Digital futures* (pp. 117–134). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/978-1-83753-022-920231006>
- Mahideb, H., Kouah, S., & Ahmim, A. (2023). Intelligent air quality monitoring system: A comprehensive review. In *Lecture Notes in Networks and Systems*, 783 LNNS (pp. 292–298). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44097-7_31
- Margherita, E. G., Escobar, S. D., Esposito, G., & Crutzen, N. (2023). Exploring the potential impact of smart urban technologies on urban sustainability using structural topic modelling: Evidence from Belgium. *Cities*, 141, 104475. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104475>
- Michaela, Z., & Horak, T. (2019). Analysis of the integration of individual perception and methods of evaluating Smart Cities. In *2019 Smart Cities Symposium Prague, SCSP 2019 - Proceedings* (art. no. 8805735). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SCSP.2019.8805735>
- Mutiarin, D., & Lawelai, H. (2023). Optimizing the role of ICT and citizen participation: Analysis of smart city governance implementation in Jakarta, Indonesia and Kuala Lumpur, Malaysia. *E3S Web of Conferences*, 440, 03027. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344003027>

- Petrova-Antonova, D., Ilieva, S., & Pavlova, I. (2018). Towards a technological platform for transparent and flexible assessment of smart cities. In *IC3K 2018 - Proceedings of the 10th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, 1* (pp. 374–381). SCITEPRESS. <https://doi.org/10.5220/0007230203740381>
- Pop, M. D., & Protean, O. (2019). Identification of significant metrics and indicators for smart mobility. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 477(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/477/1/012017>
- Rani, S., Mishra, R. K., Usman, M., Kataria, A., Kumar, P., Bhambri, P., & Mishra, A. K. (2021). Amalgamation of advanced technologies for sustainable development of smart city environment: A review. *IEEE Access*, 9, 150060–150087. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3125527>
- Schaffers, H. (2019). Shaping ecosystems for collaborative innovation towards fostering urban and regional development. In *Smart cities in the post-algorithmic era: Integrating technologies, platforms and governance* (pp. 70–100). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781789907056.00011>
- Su, Y., Miao, Z., & Wang, C. (2022). The experience and enlightenment of Asian smart city development—A comparative study of China and Japan. *Sustainability*, 14(6), 3543. <https://doi.org/10.3390/su14063543>
- Szpilko, D., de la Torre Gallegos, A., Jimenez Naharro, F., Rzepka, A., & Remiszewska, A. (2023). Waste management in the smart city: Current practices and future directions. *Resources*, 12(10), 115. <https://doi.org/10.3390/resources12100115>