

Analisis Pengembangan Sistem Penerangan Jalan Umum Cerdas untuk Meningkatkan Keberlanjutan Kota Pintar di Wilayah Kota Batam

Gatot Morwanto*, Yuanita FD Sidabutar

Universitas Batam, Indonesia

*102622016@univbatam.ac.id, yuanita.fd@univbatam.ac.id

Abstract. Batam City, located in the Riau Archipelago, Indonesia, has gained attention as a notable example in efforts to realize the concept of a Smart City through the implementation of technology. This paper explores the implications, changes, and challenges faced by Batam City as it transforms into a smart city, examining the impact and issues related to the technological implementation in the city. The study proposes linear regression analysis as a method to evaluate the influence of several variables on the Integration with Smart City Infrastructure in Batam. The variables tested include Energy Efficiency, Security Enhancement, Availability of Quality Lighting, and Remote Monitoring Management. The regression results indicate a significant impact of Energy Efficiency ($\beta = 0.300$, $p = 0.022$) and Availability of Quality Lighting ($\beta = 0.364$, $p = 0.001$) on Integration with Smart City Infrastructure. Energy Efficiency shows a significant positive impact, while Availability of Quality Lighting also has a strong effect on the integration process. On the other hand, Security Enhancement ($\beta = -0.189$, $p = 0.111$) and Remote Monitoring Management ($\beta = 0.208$, $p = 0.059$) show insignificant or weaker impacts on smart infrastructure integration in Batam City. The model used explains approximately 36.7% of the variation in Integration with Smart City Infrastructure, indicating a substantial influence of the independent variables used in this study. The research includes a description of the implementation location in Batam City Subdistrict, examining the implementation process, outcomes, initial evaluations, and success analysis. Challenges faced include a lack of technological education in the community, infrastructure complexity, and involvement of all societal layers. Recommendations include enhancing technological education, increasing community participation, and strengthening cross-sector partnerships. These findings provide important insights for decision-making and policy planning in Batam City, highlighting the significance of energy efficiency and lighting availability in smart infrastructure development. Nevertheless, there is a need for a deeper understanding of the roles of security and remote management in the context of smart infrastructure integration to provide more holistic and effective solutions for the development of smart and sustainable cities.

Keywords: *Batam City, Smart Infrastructure, Energy Efficiency, Security, Lighting, Remote Management, Linear Regression, Socio-Economics, Community.*

Abstrak. Kota Batam, terletak di Kepulauan Riau, Indonesia, telah menarik perhatian sebagai contoh yang menonjol dalam upaya mewujudkan konsep Kota Pintar melalui penerapan teknologi. Dalam upaya menjelajahi implikasi, perubahan, serta tantangan yang dihadapi oleh Kota Batam seiring dengan transformasi menjadi kota pintar, makalah ini mengeksplorasi dampak serta permasalahan yang muncul sehubungan dengan implementasi teknologi di kota tersebut. Penelitian ini mengusulkan uji regresi linier sebagai metode untuk mengevaluasi pengaruh beberapa variabel terhadap Integrasi dengan Infrastruktur Kota Pintar di Kota Batam. Variabel yang diuji adalah Efisiensi Energi, Peningkatan Keamanan, Ketersediaan Kualitas Pencahayaan, dan Pengelolaan Pemantauan Jarak Jauh. Hasil uji regresi menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari Efisiensi Energi ($\beta = 0.300$, $p = 0.022$) dan Ketersediaan Kualitas Pencahayaan ($\beta = 0.364$, $p = 0.001$) terhadap Integrasi dengan Infrastruktur Kota Pintar. Efisiensi Energi ini menunjukkan pengaruh yang positif yang signifikan, sementara Ketersediaan Kualitas Pencahayaan juga memberikan dampak yang kuat dalam proses integrasi infrastruktur cerdas. Di sisi lain, Peningkatan Keamanan ($\beta = -0.189$, $p = 0.111$) dan Pengelolaan Pemantauan Jarak Jauh ($\beta = 0.208$, $p = 0.059$) menunjukkan dampak yang tidak signifikan atau

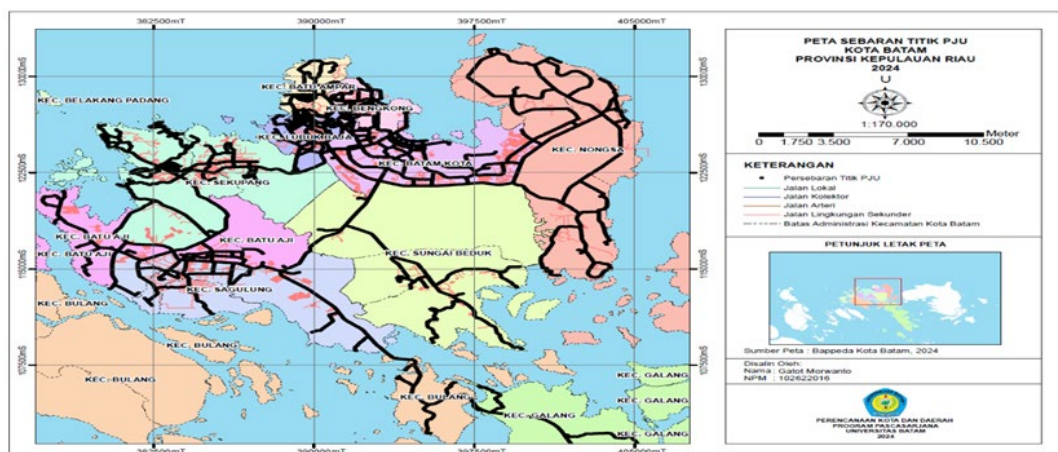
kurang kuat terhadap integrasi infrastruktur cerdas di Kota Batam. Model yang digunakan mampu menjelaskan sekitar 36.7% variasi dalam Integrasi dengan Infrastruktur Kota Pintar, yang menunjukkan pengaruh yang substansial dari variabel-variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini mencakup deskripsi lokasi implementasi di Kecamatan Batam Kota, memeriksa proses implementasi, hasil, evaluasi awal, serta analisis keberhasilan implementasi. Tantangan yang dihadapi meliputi kurangnya edukasi teknologi di masyarakat, kompleksitas infrastruktur, dan keterlibatan semua lapisan masyarakat. Rekomendasi termasuk peningkatan edukasi teknologi, peningkatan partisipasi masyarakat, dan memperkuat kemitraan lintas sektor. Hasil ini memberikan pandangan yang penting bagi pengambilan keputusan dan perencanaan kebijakan di Kota Batam, menyoroti pentingnya efisiensi energi dan ketersediaan pencahayaan dalam pengembangan infrastruktur cerdas. Meskipun demikian, ada kebutuhan untuk memahami lebih dalam tentang peran keamanan dan pengelolaan jarak jauh dalam konteks integrasi infrastruktur cerdas untuk memberikan solusi yang lebih holistik dan efektif bagi pembangunan kota yang cerdas dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Kota Batam, Infrastruktur Cerdas, Efisiensi Energi, Keamanan, Pencahayaan, Pengelolaan Jarak, Regresi Linier, Sosial Ekonomi, Masyarakat.*

A. Pendahuluan

Kota Batam, sebagai salah satu kota yang terletak di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia, memiliki posisi strategis di jalur pelayaran internasional dan merupakan pintu gerbang bagi ekonomi Indonesia. Sejak tahun 1970-an, Batam telah mengalami transformasi signifikan dari kota industri menjadi pusat perdagangan dan pariwisata. Pertumbuhan pesat ini diiringi dengan tantangan yang kompleks, termasuk kebutuhan akan infrastruktur yang lebih baik, pengelolaan sumber daya yang efisien, dan peningkatan kualitas hidup masyarakat.

Dalam konteks ini, pengembangan sistem penerangan jalan umum cerdas menjadi salah satu solusi yang relevan untuk meningkatkan keberlanjutan kota. Penerangan jalan yang efisien tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan konsumsi energi dan emisi karbon. Menurut data dari Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air Kota Batam (2024), kota Batam memiliki lebih dari 18.644 titik lampu penerangan jalan umum yang sebagian besar masih menggunakan teknologi konvensional. Oleh karena itu, peralihan ke sistem penerangan jalan cerdas yang berbasis teknologi informasi dan komunikasi (TIK) sangat diperlukan untuk mendukung visi Kota Pintar.



Peta Penerangan Jalan Umum (PJU Kota Batam)

Sumber: BAPPEDA Kota Batam 2024

Penerangan jalan yang efisien tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan keamanan di malam hari, tetapi juga berkontribusi terhadap penghematan energi dan pengurangan emisi karbon. Menurut laporan dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2019), penerangan jalan yang menggunakan teknologi LED dan sistem kendali otomatis dapat mengurangi konsumsi energi hingga 50%. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah untuk mencapai target keberlanjutan dalam pembangunan infrastruktur.

Penelitian ini bertujuan, menganalisis efisiensi energi dari sistem penerangan jalan cerdas yang dikembangkan, menilai kemampuan sistem penerangan jalan cerdas dalam mendukung konsep kota pintar, merancang sistem kendali otomatis untuk lampu jalan umum guna meningkatkan efisiensi energi.

Beberapa permasalahan makalah ini, penerapan teknologi memengaruhi keberlanjutan Kota Batam, tantangan utama yang dihadapi dalam implementasi teknologi di Kota Batam, strategi yang dapat digunakan untuk mengatasi kendala dalam implementasi teknologi, ruang lingkup implementasi teknologi dapat mempengaruhi perubahan sosial, ekonomi, dan infrastruktur di Kota Batam.

Makalah ini akan membahas analisis dampak positif teknologi terhadap keberlanjutan Kota Batam, tantangan yang dihadapi dalam penerapan teknologi, serta strategi untuk mengatasi kendala implementasi teknologi. Selain itu, penelitian ini juga akan mengeksplorasi pengaruh ruang lingkup implementasi teknologi terhadap transformasi Kota Batam sebagai kota pintar.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis regresi linier untuk mengevaluasi pengaruh beberapa variabel terhadap integrasi dengan infrastruktur kota pintar di Kota Batam. Variabel yang diuji meliputi efisiensi energi, peningkatan keamanan, ketersediaan kualitas pencahayaan, dan pengelolaan pemantauan jarak jauh.

Teknik pengumpulan data yang digunakan, survei Publik: Kuesioner akan disebar kepada penduduk lokal untuk mendapatkan informasi terkait preferensi dan evaluasi penerangan jalan, observasi Lapangan: Observasi langsung dilakukan untuk memeriksa kondisi penerangan jalan di berbagai lokasi, wawancara Mendalam: Wawancara dengan ahli dan pemangku kepentingan untuk mendapatkan perspektif terkait tantangan dan solusi yang dapat diterapkan, Analisis Dokumen: Data sekunder dari laporan pemerintah dan studi terkait keberlanjutan kota dianalisis untuk memberikan konteks historis.

Data yang diperoleh dari survei dan observasi akan dianalisis menggunakan uji regresi linier untuk mengukur pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen, yaitu integrasi dengan infrastruktur kota pintar. Model regresi akan digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara variabel-variabel yang diuji.

C. Dampak Positif Implementasi Teknologi dalam Pembangunan Kota Batam

Implementasi teknologi dalam pembangunan Kota Batam telah menciptakan infrastruktur yang lebih canggih dan terintegrasi. Penggunaan Internet of Things (IoT) memungkinkan monitoring real-time terhadap infrastruktur kota seperti jaringan jalan dan sistem air, yang membantu dalam pemeliharaan preventif dan meningkatkan kualitas layanan.

Integrasi teknologi dalam sistem energi Kota Batam telah membawa perubahan signifikan dalam efisiensi penggunaan energi. Smart grids dan penerangan jalan cerdas telah mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi limbah, dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Penerapan teknologi di sektor transportasi telah meningkatkan konektivitas di Kota Batam. Sistem transportasi terintegrasi, termasuk informasi perjalanan real-time dan pembayaran digital, telah memperbaiki mobilitas penduduk dan pengguna jalan, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan efisiensi perjalanan.

Penggunaan teknologi dalam penerangan jalan pintar telah meningkatkan keamanan masyarakat. Sistem penerangan yang terintegrasi dengan sensor dan CCTV memberikan visibilitas yang lebih baik, mengurangi tingkat kejahatan, dan memungkinkan tanggapan cepat terhadap situasi darurat.



Gambar Smart City di mulai dengan Smart Street Lighting

Sumber: <https://tvilight.com/id/kota-pintar-dimulai-dengan-penerangan-jalan-pintar/>

D. Tantangan dalam Implementasi Teknologi di Kota Batam

Implementasi teknologi memerlukan investasi besar untuk infrastruktur dan pengadaan peralatan. Keterbatasan anggaran dan sumber daya manusia yang terampil menjadi hambatan dalam pengelolaan infrastruktur teknologi secara efektif.

Mengintegrasikan sistem yang ada dengan teknologi baru sering kali menghadapi tantangan, termasuk kompatibilitas antarplatform dan keamanan data. Keamanan data menjadi prioritas utama yang harus diatasi untuk melindungi informasi sensitif masyarakat.

Kesadaran dan penerimaan masyarakat terhadap teknologi baru sering kali menjadi kendala. Pendidikan dan sosialisasi perlu ditingkatkan untuk memastikan penerimaan yang lebih luas.

Penerapan teknologi harus sesuai dengan regulasi yang ada, dan kebijakan yang jelas dan mendukung perlu diterapkan untuk mendukung inovasi dan adopsi teknologi baru.

E. Strategi Penyelesaian Tantangan Implementasi

Kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat menjadi landasan kunci dalam menghadapi kompleksitas implementasi teknologi. Kolaborasi ini memastikan keberlanjutan implementasi teknologi dengan memanfaatkan keahlian dan sumber daya dari masing-masing sektor.

Fleksibilitas dalam merancang dan menerapkan teknologi memainkan peran penting dalam menghadapi dinamika perubahan. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian cepat terhadap perkembangan teknologi baru dan perubahan kebutuhan.

Meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat tentang manfaat teknologi adalah langkah penting untuk mengurangi kesenjangan pengetahuan teknologi. Program pendidikan yang terstruktur dan kampanye publik dapat membantu dalam hal ini.

F. Analisis Kasus dan Studi Kelayakan Implementasi Teknologi di Kota Batam

Studi kasus tentang proyek implementasi teknologi di Kota Batam memberikan wawasan mendalam tentang tantangan yang dihadapi dan dampak yang telah dicapai. Misalnya, penerangan jalan cerdas menggunakan teknologi IoT untuk mengoptimalkan pencahayaan.

Evaluasi kelayakan proyek mengevaluasi sejauh mana proyek teknologi memenuhi tujuan awal, baik dari segi ekonomi, keberlanjutan, maupun efisiensi. Analisis ini membantu memahami keberhasilan dan hambatan yang dihadapi.

G. Kesimpulan dan Rekomendasi

Kesimpulan hasil penelitian, dapat disimpulkan, Efisiensi energi dan ketersediaan kualitas pencahayaan memiliki pengaruh signifikan terhadap integrasi dengan infrastruktur kota pintar di Kota

Batam, Penerapan teknologi dalam sistem penerangan jalan cerdas dapat meningkatkan keberlanjutan dan kualitas hidup masyarakat, Tantangan yang dihadapi dalam implementasi teknologi di Kota Batam meliputi keterbatasan anggaran, kurangnya edukasi teknologi, dan kompleksitas integrasi sistem.

Rekomendasi untuk masa depan mencakup peningkatan edukasi masyarakat tentang teknologi, kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta, serta pengembangan kebijakan yang mendukung inovasi.

Dengan demikian, pengembangan sistem penerangan jalan umum cerdas di Kota Batam merupakan langkah strategis yang perlu didorong untuk mendukung transformasi kota menjadi kota pintar yang berkelanjutan.

Rekomendasi untuk masa depan adalah bagian krusial dari kesimpulan. Berdasarkan temuan utama, rekomendasi ini menyoroti langkah-langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan implementasi teknologi di Kota Batam ke depannya. Hal ini termasuk strategi baru, pendekatan yang ditingkatkan, perbaikan pada model kolaborasi, serta fokus pada aspek teknis, keuangan, sosial, dan budaya.

Rekomendasi juga bisa mencakup saran untuk kebijakan baru, investasi yang lebih baik, dan upaya peningkatan kesadaran masyarakat tentang peran teknologi dalam pembangunan kota yang berkelanjutan.

Kesimpulan dan rekomendasi yang jelas dan didasarkan pada analisis menyeluruh dapat menjadi panduan bagi stakeholders, pemerintah, dan masyarakat dalam meningkatkan keberhasilan implementasi teknologi di Kota Batam ke depannya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, termasuk dosen pembimbing, responden, serta pihak-pihak yang memberikan dukungan dalam pengumpulan data.

Daftar Pustaka

- [1] Ringkasan Solusi Intel (2017), "Lampu Jalan Pintar untuk Penghematan Lebih Cerah".
- [2] Wayan Shandyasa, "Rancang Bangun Perangkat Keras Sistem Smart Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Internet of Things Guna Mendukung Implementasi Smart City", dipublikasikan dalam Jurnal SPEKTRUM.
- [3] Adam1, Muharnis1, Ariadi1, Jefri Lianda1, "Penerapan IoT untuk Sistem Pemantauan Lampu Penerangan Jalan Umum".
- [4] Artikel berjudul "Penghematan Energi: Meningkatkan Efisiensi untuk Masa Depan yang Berkelanjutan" oleh Bhuanajaya, dapat diakses melalui <https://www.bhuanajaya.desa.id/penghematan-energi-meningkatkan-efisiensi-untuk-masa-depan-yang-berkelanjutan/>.
- [5] Abdurrozzaq Hasibuan, Oris Krianto Sulaiman, "Smart City, Konsep Kota Cerdas sebagai Alternatif Penyelesaian Masalah Perkotaan Kabupaten/Kota, di Kota-Kota Besar Provinsi Sumatera Utara".
- [6] Artikel "Langkah Menuju '100 Smart City'" dapat diakses melalui https://www.kominfo.go.id/content/detail/11656/langkah-menuju-100-smart-city/0/sorotan_media.
- [7] Informasi tentang "Konsep Smart City" dari <https://pupr.ngawikab.go.id/konsep-smart-city/>.
- [8] Artikel "Mengenal Lebih Dekat Konsep Smart City dalam Pembangunan Kota" dari <https://aptika.kominfo.go.id/2020/10/mengenal-lebih-dekat-konsep-smart-city-dalam-pembangunan-kota/>.
- [9] "Kota Pintar yang Berkelanjutan untuk Kesejahteraan Masyarakat Indonesia" yang dapat diakses dari <https://blog.lintasarta.net/article/solution/smart-city//kota-pintar-yang-berkelanjutan-untuk-indonesia>.
- [10] "6 Indikator Smart City untuk Mengukur Keberhasilan Kota Pintar" dari <https://www.linknet.id/article/indikator-smart-city>.
- [11] Informasi tentang "Mengenal Konsep dan Pengertian Smart City" dari <https://smartcity.jakarta.go.id/id/blog/mengenal-konsep-pengertian-smart-city/>.

- [12] Irfan Setiawan, Elfrida Tri Farah Aindita, "Penerapan Konsep Smart City dalam Tata Kelola Pemerintahan Kota Semarang", dipublikasikan dalam sebuah jurnal (nama jurnal tidak disebutkan).
- [13] Artikel "Manfaat Menghemat Energi bagi Lingkungan, Ekonomi & Kesehatan" dapat diakses melalui <https://www.gramedia.com/literasi/manfaat-menghemat-energi/>.
- [14] Nur Faidati, Muhammad Khozin, "Analisa Strategi Pengembangan Kota Pintar (Smart City): Studi Kasus Kota Yogyakarta".
- [15] Gatot Morwanto, G., Sidabutar, Y. F., Suciati, H., & Panusunan, P. (2023). "Planning And Evaluation of Technological System Development in Public Street Lighting to Support Sustainable Development of The Integrated City of Batam". *JMKSP (Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, Dan Supervisi Pendidikan)*, 8(2), 1298–1309. DOI: <https://doi.org/10.31851/jmksp.v8i2.13126>.
- [16] Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21.
- [17] Alwi, H. (2010). *Social and Economic Research Methods: Theory and Applications*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- [18] Bachanek, K. H., Tundys, B., Wiśniewski, T., Puzio, E., & Maroušková, A. (2021). Intelligent Street Lighting in a Smart City Concepts—A Direction to Energy Saving in Cities: An Overview and Case Study. *Energies*, 14(11), 3018.
- [19] Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82.
- [20] Creswell & John W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Singapore: Sage Publication.
- [21] Dahari, M., Sutianto, S. A., & Sidabutar, Y. F. (2022). Conservation of Protected Forests in Catchment Areas of Reservoirs in Bareleng, Riau Islands. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal)*, 5(3), Article 3.
- [22] Danuwidjojo, J., Iood, F., & Sidabutar, Y. F. (2021). Local Malay Wisdom as The Identity of Batam City. *Jurnal Potensi*, 1(2).
- [23] Directorate General of Highways. (2007). *Preparation of Management Systems and Road Safety Guidelines in Road Construction Activities*. Directorate General of Highways.
- [24] Palit, A. R., Siregar, R. E., & Sidabutar, Y. F. (2022). Cities Without Slums (Kotaku) Program in the Perspective of Community Empowerment in Kampung Tua Tanjung Riau Batam. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal)*, 5(2).
- [25] Purwasih, H. D., Sidabutar, Y. F., Suciati, H., & Fauzan, F. (2023). Modernization of "Transport" As Public Transportation to Reduce Personal Vehicle Ownership in the City of Tanjungpinang. *JMKSP (Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, Dan Supervisi Pendidikan)*, 8(1).
- [26] Sidabutar, Y. F. (2020). The effect of building quality and environmental conditions on community participation in medan city historical buildings. *Idealog: Ide dan Dialog Desain Indonesia*, 5(1).
- [27] Sidabutar, Y. F. (2022). The Influence of Building Quality and Environmental Conditions on Community Participation in Historical Buildings in Medan City. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 5(1).
- [28] Sidabutar, Y. F., & Indra, E. (2021). Maritime Potential Phenomenon in Improving the Welfare of the Riau Island Community. *E3S Web of Conferences*, 324, 08001.
- [29] Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- [30] Sutianto, S. A., Sidabutar, Y. F., & Sinaga, M. I. P. (2023). Development of Historical and Religious Tourism in Spatial Planning Towards the Utilization of Local Wisdom Potentials in Penyengat Island. *JMKSP (Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, dan Supervisi Pendidikan)*, 8(2).