

Pemanfaatan Infrastruktur Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam Pengembangan *Smart City*: Studi Kasus Pemerintah Kota Batu

Asri Samsiar Ilmananda⁽¹⁾, Ronald David Marcus⁽²⁾, Fandi Yulian Pamuji⁽³⁾

Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Merdeka Malang
Jalan Terusan Dieng No. 62-64 Klojen, Pisang Candi, Kec. Sukun, Kota Malang,
Jawa Timur, Indonesia

Email: ¹asri.ilmananda@unmer.ac.id, ²ronald.mangero@unmer.ac.id,
³fandiyulian6@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 10 September 2021
Disetujui pada 28 Februari 2022
Dipublikasikan pada 28 Februari 2022
Hal. 253-268

Kata Kunci:

Smart city; Infrastruktur;
Teknologi Informasi dan
Komunikasi

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v7i1.794>

Abstrak: Seiring pesatnya perkembangan teknologi dan peningkatan urbanisasi, perkotaan menghadapi berbagai masalah yang multidisiplin. Untuk itu, dibutuhkan solusi inovatif dan cerdas melalui pembangunan *smart city* yang didukung oleh kemajuan teknologi informasi dan komunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan perspektif tentang arsitektur teknologi terkini yang dapat digunakan pada pengembangan *smart city* di Kota Batu khususnya infrastruktur TIK. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Hasil studi dan analisis menunjukkan bahwa melalui pemanfaatan infrastruktur TIK di dalam perencanaan dan pengembangan *smart city*, dan disertai dengan pemberdayaan warga, Kota Batu dapat berpotensi mewujudkan tata kelola pemerintahan serta pelayanan masyarakat yang lebih baik.

PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya populasi global dunia, pergeseran masyarakat menuju lingkungan hidup perkotaan merupakan fenomena yang tak terhindarkan. Disebutkan dalam (Achmad et al., 2018; Sadiku et al., 2016), tingkat urbanisasi dapat berdampak pada masalah perkotaan, termasuk di dalamnya aspek sosial, ekonomi dan lingkungan secara luas. Isu-isu yang terjadi di kota antara lain kesulitan dalam pengelolaan sampah, kelangkaan sumber daya, polusi udara, kesehatan manusia, kemacetan lalu lintas, jalan yang tidak memadai, infrastruktur yang rusak berat dan keselamatan publik (Anggraini & Iqbal, 2020; Kasznar et al., 2021; Patrão et al., 2020). Akibatnya, kota semakin menghadapi tantangan yang kompleks dan signifikan, di tengah upaya untuk memenuhi kebutuhan energi dan lingkungan yang berkelanjutan secara bersamaan. Hal ini menuntut setiap kota untuk beradaptasi dan mengubah cara berinteraksi antara pemerintah dan masyarakat melalui penerapan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi

(TIK) di dalam pengembangan kota cerdas atau *smart city* (Anggraini & Iqbal, 2020). Dalam (Fadli & Sumitra, 2019) juga disebutkan bahwa pemanfaatan TIK dalam konteks kota masa depan sering ditunjukkan dengan konsep *smart city*.

Smart city merupakan sebuah konsep pengembangan perkotaan yang dimaksud untuk menjawab tantangan dalam mengelola kompleksitas kehidupan perkotaan dan menerapkan solusi untuk masalah multidisiplin di kota dengan cara-cara yang inovatif dan cerdas (Patrão et al., 2020). Menurut (Kasznar et al., 2021), konsep *smart city* muncul sebagai solusi yang mempertimbangkan keberlanjutan kota di semua bidang. Disebutkan dalam (Eniyati et al., 2017; Sadiku et al., 2016), bahwa *smart city* adalah kota yang mampu mengelola dan menggabungkan seluruh kekuatan baik dari segi sumber daya manusia, sumber daya alam, infrastruktur dan pemerintah dengan mengoptimalkan penggunaan TIK, sehingga kota tersebut mampu menekan biaya, waktu dan energi serta meningkatkan kemandirian, kesejahteraan, kebahagiaan dan partisipasi masyarakat. Implementasi *smart city* diharapkan dapat membantu mengatasi keterbatasan model pembangunan perkotaan tradisional, meningkatkan keberlanjutan dan ketahanan Kota (Patrão et al., 2020). Meskipun demikian, dijelaskan dalam (Burns, 2018) bahwa penyebaran solusi *smart city* yang kuat dan efektif memiliki tiga hambatan utama, yaitu: informasi dan transfer pengetahuan yang tidak memadai; standarisasi Selama beberapa tahun terakhir, topik *smart city* banyak dibahas baik dalam literatur ilmiah (Herlambang et al., 2018; Kasznar et al., 2021) maupun kebijakan internasional (Burns, 2018; Patrão et al., 2020). Disebutkan dalam (Patrão et al., 2020), bahwa sebagian besar publikasi melihat *smart city* dari sudut pandang inovasi teknologi, sedangkan sebagian lainnya melihat *smart city* dari sudut pandang inovasi sosial. Penelitian mengenai *smart city* banyak terfokus pada bagaimana pengembangan dan pengoperasian infrastruktur untuk menghadirkan solusi permasalahan secara teknis dan sosial. Bahkan, literatur terbaru tentang infrastruktur kota *smart city* menyoroti pentingnya digitalisasi dan teknologi, terutama Internet of Things (IoT), untuk mengoptimalkan kemampuannya dalam mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi di daerah perkotaan (Fadli & Sumitra, 2019; Kasznar et al., 2021). Selain pembahasan tentang implementasi, beberapa studi juga membahas mengenai evaluasi kesiapan program *smart city* yang ditinjau berdasarkan kerangka kerja atau *framework* (Achmad et al., 2018; Fadli & Sumitra, 2019), pendekatan *e-readiness* (Anggraini & Iqbal, 2020; Herlambang et al., 2018), analisis media sosial (Anam et al., 2021) dan metode *fuzzy* (Eniyati et al., 2017).

Kota sebagai organisasi yang bersaing saat ini membutuhkan sejumlah aspek teknologi berupa perangkat keras, perangkat lunak, data dan penyimpanan, jaringan dan keamanan, sehingga infrastruktur teknologi secara keseluruhan dianggap sebagai tulang punggung organisasi (Asniati et al., 2019). Dapat dikatakan bahwa, infrastruktur merupakan level paling dasar dari komponen teknologi informasi di dalam *smart city*. Disebutkan dalam (Anggraini & Iqbal, 2020), infrastruktur TIK meliputi perangkat keras, perangkat lunak, teknologi komunikasi, data dan aplikasi, serta manusia sebagai elemen pendukung di dalamnya. Infrastruktur TIK juga diartikan sebagai infrastruktur pendukung pusat sumber daya teknologi yang digabungkan dengan komponen manusia yaitu

keahlian khusus, komitmen, nilai, norma, dan pengetahuan untuk menyediakan layanan yang andal. Di samping itu, pemanfaatan dan pembaharuan infrastruktur yang tangguh dapat membuka jalan bagi pemerintah untuk membangun *smart city* yang memberikan kesetaraan, pendidikan, kesehatan, dan kualitas hidup yang lebih baik bagi semua orang (Kasznar et al., 2021). Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa kapabilitas dari infrastruktur TIK yang digunakan merupakan modal penting dalam menunjang keberhasilan *smart city*.

Di Indonesia, *smart city* mulai diterapkannya di beberapa kota besar seperti Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Denpasar dan Surabaya (Eniyati et al., 2017; Herlambang et al., 2018; Khairi & Aria, 2020). Sementara itu, Kota Batu yang merupakan bagian dari wilayah Malang Raya, Provinsi Jawa Timur juga berinisiatif untuk mengembangkan *smart city* melalui pemanfaatan kemajuan TIK untuk mendukung visi dan misinya. Upaya-upaya yang telah dilakukan oleh Pemerintah Kota Batu tercantum dalam penyusunan (*Kajian Pemanfaatan Teknologi Untuk Konsep Batu Smart City*, 2016); (*Masterplan Smart City Kota Batu*, 2017); serta (*Review Perencanaan Smart City Kota Batu*, 2020). Arah dan pedoman kebijakan dalam strategi pengembangan infrastruktur TIK diatur dalam Peraturan Walikota Batu Nomor 78 tahun 2017, yang kemudian direalisasikan ke dalam dokumen Master Plan Batu *Smart City*. Sektor utama yang menjadi sasaran dalam visi dan misi Pemerintah Kota Batu adalah sektor pariwisata dan sektor pertanian. Kedua potensi Kota Batu tersebut ditunjang dari kondisi geografis Kota Batu yang merupakan kawasan pegunungan dan perbukitan dengan iklim yang sejuk.

Dalam (Fadli & Sumitra, 2019), disebutkan bahwa transformasi digital *smart city* dengan pengelolaan teknologi informasi yang baik dapat mengubah pengaturan kebijakan publik untuk tata kota, sehingga sistem birokrasi menjadi lebih mudah dan efektif. Untuk mewujudkan hal tersebut, dibutuhkan perencanaan, pengalokasian sumber daya, pengawasan dan pengontrolan secara berkelanjutan (Kasznar et al., 2021; Patrão et al., 2020). Oleh karenanya, pemerintah pusat dan pemerintah daerah perlu memberikan perhatian penuh terhadap pengembangan *smart city* sebagai penyelesaian masalah yang solutif dan inovatif untuk meningkatkan pelayanan publik khususnya di wilayah perkotaan. Sejalan dengan hal tersebut, pemerintah Kota Batu dapat menggabungkan TIK ke dalam manajemen perkotaan, menggunakan infrastruktur beserta elemen-elemen pendukungnya di dalam desain pemerintahan *smart city* berbasis teknologi melalui perencanaan yang kolaboratif dan partisipatif (Bouskela et al., 2016). Melalui pembangunan *smart city* yang terintegrasi dan berkesinambungan, Kota Batu diharapkan dapat menjadi lebih inovatif, kompetitif dan tangguh, sehingga meningkatkan taraf hidup warga.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran umum arsitektur teknologi *smart city* secara menyeluruh. Fokus penelitian adalah pada infrastruktur *smart city*, yaitu menjelaskan tentang potensi dan peluang dari teknologi informasi yang tersedia saat ini. Hasil studi dapat menjadi dasar panduan proyek perencanaan dan pengembangan *smart city*, khususnya dalam pembangunan, pengelolaan, pemeliharaan dan pengoperasian infrastruktur. Selanjutnya, analisis dilakukan terhadap komponen-komponen infrastruktur TIK

yang digunakan di Kota Batu. Analisis didasarkan pada observasi dan wawancara dengan penanggung jawab terkait di Dinas Komunikasi dan Informatika Pemerintah Kota Batu. Hasil analisis kemudian digunakan sebagai landasan dalam menyajikan usulan rekomendasi teknologi infrastruktur yang mungkin dan layak diterapkan untuk keberlanjutan pembangunan *Smart City* Kota Batu di masa yang akan datang.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif dan pendekatan kualitatif. Jenis penelitian ini berusaha mendeskripsikan masalah yang diteliti dan mengintegrasikan data secara objektif untuk memperoleh gambaran lengkap tentang subjek penelitian. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur dengan penanggung jawab terkait seperti pimpinan dan pengelola infrastruktur jaringan di Dinas Komunikasi dan Informatika Pemerintah Kota Batu. Data sekunder diperoleh dari hasil studi literatur, dokumen kajian dan perencanaan terdahulu, serta sumber tertulis lainnya yang dapat mendukung dan melengkapi bahan penelitian. Teknik analisis data pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu: mengumpulkan data; mengidentifikasi masalah; menawarkan desain; dan memberikan rekomendasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kehadiran Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dengan kemudahan aksesibilitas dan keterjangkauan biaya memungkinkan transformasi kota menjadi lebih cerdas. Tingginya konektivitas melalui perangkat seluler sudah menjadi bagian hidup sehari-hari masyarakat perkotaan, sehingga pemerintah dapat mengoptimalkan pembangunan *smart city* melalui pemanfaatan teknologi informasi yang didukung oleh peran serta masyarakat. Dalam (Bouskela et al., 2016), disebutkan bahwa memahami dan mengidentifikasi komponen-komponen dasar dari solusi teknologi beserta berbagai kemungkinannya merupakan langkah penting untuk memulai proyek *smart city*.

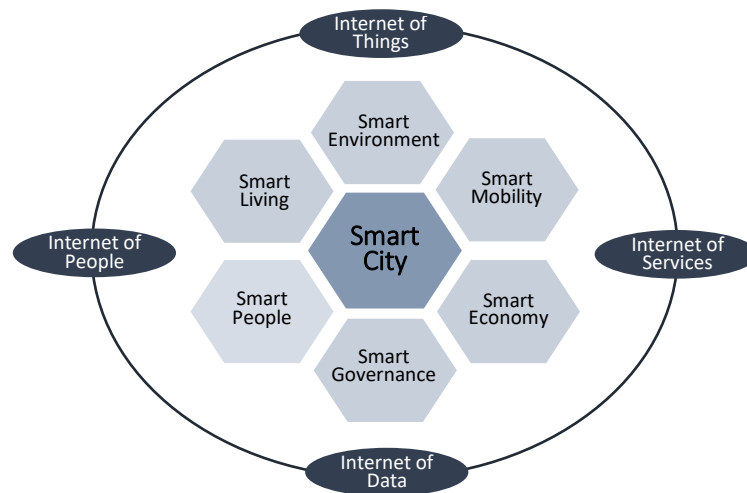
Konsep *Smart City*

Gagasan dari *smart city* adalah untuk membuat kota dan seluruh warganya menjadi lebih cerdas dengan memanfaatkan perkembangan teknologi. Tidak ada definisi standar yang diterima secara umum mengacu pada konsep *smart city*, meskipun demikian dalam (Patrão et al., 2020) disebutkan beberapa interpretasi dari lembaga berbeda diantaranya:

1. Menurut European Commission (EC), *smart city* adalah “tempat dimana jaringan dan layanan tradisional dibuat lebih efisien dengan penggunaan teknologi digital dan telekomunikasi untuk kepentingan penduduk dan bisnisnya”.
2. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) menyatakan bahwa bahwa “*smart city* menyatukan teknologi, pemerintah dan masyarakat dimana teknologi dipandang sebagai penggerak untuk kualitas hidup dan lingkungan yang lebih baik”.

3. Menurut United Nations (UN) atau PBB, merujuk pada ITU, *smart city* adalah “kota inovatif yang menggunakan TIK dan sarana lainnya untuk meningkatkan kualitas hidup, efisiensi operasi dan layanan perkotaan, serta daya saing, sambil memastikan bahwa kota dapat memenuhi kebutuhan generasi saat ini dan masa depan terkait dengan aspek ekonomi, sosial, lingkungan dan budaya”.

Smart city dapat diartikan sebagai kawasan perkotaan berteknologi tinggi yang menghubungkan manusia, informasi dan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup dan mensejahterakan masyarakat. Disebutkan dalam (Sadiku et al., 2016), komponen *smart city* meliputi: *smart governance*; *smart economy*; *smart mobility*; *smart environment*; *smart living* dan *smart people*. Sedangkan komponen teknologi dan infrastruktur pendukung *smart city* mencakup: Internet of Things, Internet of Data, Internet of People dan Internet of Services. Komponen *smart city* secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Komponen utama *smart city*

Selain pembahasan mengenai konsep *smart city*, sejumlah lembaga seperti *Smart City Council*, CISCO, *European Union*, dan IEEE telah mengembangkan *framework* untuk pembangunan *smart city* (Fadli & Sumitra, 2019). *Smart City Framework* dibuat agar dapat menjadi suatu harmonisasi standar dalam mengadopsi teknologi *smart city* yang mudah dioperasikan dan ramah lingkungan. Lebih lanjut, *IoT-Enabled Smart City Framework (IES-City Framework)* dalam (Burns, 2018) merupakan hasil inisiatif internasional yang menyajikan kerangka acuan untuk pengembangan arsitektur khususnya IoT pada *smart city*.

Sebuah kota yang akan menerapkan *smart city* terlebih dahulu perlu memetakan potensi dan kemampuannya agar dapat menentukan sasaran prioritas pembangunan dengan lebih baik. Di samping itu, pengukuran kesiapan *smart city* pada sebuah kota atau yang lebih dikenal dengan *Smart City Readiness* juga perlu

dilakukan (Fadli & Sumitra, 2019; Mahesa et al., 2019). Beberapa elemen utama dalam *Smart City Readiness* antara lain:

- Alam, terdiri dari tradisi, inovasi dan interaksi;
- Struktur, terdiri dari manusia, managerial dan modal;
- Infrastruktur, terdiri dari fisik, digital dan sosial;
- Suprastruktur, terdiri dari kebijakan, kelembagaan dan penyelenggaraan; serta
- Budaya, terdiri dari sumber daya, kehidupan dan ekosistem.

Studi lain dalam (Achmad et al., 2018) menggunakan *Smart City Readiness Framework* yang disediakan oleh *Smart City Council* untuk menilai kesiapan TIK kota. Dalam *framework* tersebut, terdapat tujuh *enabler* teknologi yang dibutuhkan untuk mendukung layanan kota yaitu: instrumentasi dan kontrol; konektivitas; interoperabilitas; keamanan dan privasi; manajemen data; sumber daya komputasi; dan analitik. Sementara itu, keberhasilan implementasi *smart city* juga perlu dinilai menggunakan alat-alat penilaian khusus (*assessment tools*) serta ditunjukkan melalui pemeringkatan baik nasional maupun global (Patrão et al., 2020).

Arsitektur Teknologi *Smart City*

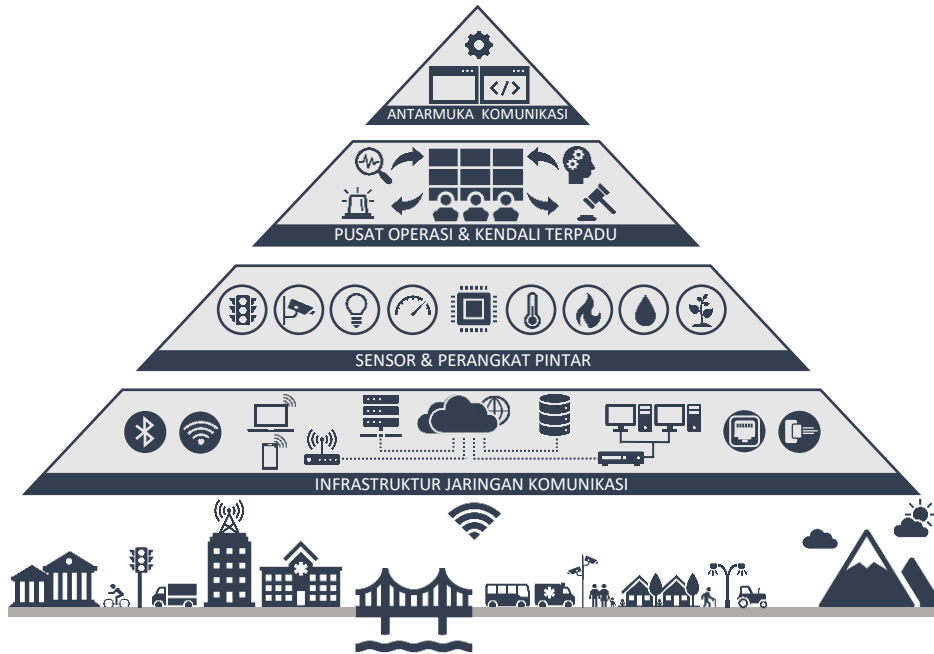
Terlepas dari aplikasinya, solusi *smart city* selalu melibatkan proses, teknologi, dan orang (Bouskela et al., 2016). Dalam hal ini, teknologi khususnya TIK merupakan struktur utama pembangun *smart city*. Penerapan TIK pada *smart city* baik elektronik maupun digital memungkinkan berbagai perangkat atau *device* untuk dapat saling berkomunikasi dan bertukar informasi (Sadiku et al., 2016). Disebutkan dalam (Burns, 2018), bahwa level arsitektur TIK terdiri atas:

1. Sensor/aktuator, mengacu pada perangkat fisik yang menyediakan fungsi penginderaan, aktuasi, kontrol dan pemantauan;
2. Data, mengacu pada serangkaian data yang dikumpulkan, disimpan dan dianalisis;
3. Aplikasi, mengacu pada pengembangan sistem cerdas yang menyediakan kemampuan pengendalian, pemantauan, keputusan, dan prediksi; serta
4. Antarmuka pengguna, mengacu pada tampilan grafis (GUI) yang memungkinkan interaksi dan penggunaan sistem yang lebih mudah.

Pemanfaatan teknologi *smart city* harus didukung oleh sarana dan prasarana yang memadai. Dengan kata lain, infrastruktur TIK perlu direncanakan, dibangun dan dikelola sedemikian rupa agar pemerintah dapat menjamin ketersediaan layanan dalam memenuhi kebutuhan masyarakat perkotaan secara optimal. Dalam (Fadli & Sumitra, 2019) dijelaskan bahwa kebutuhan utama yang perlu dipersiapkan dalam pembangunan *smart city* antara lain: ketersediaan jaringan komputer perkotaan; ketersediaan *Network Operation Center* (NOC) atau *Data Center*; serta ketersediaan ruang kendali *City Operation Center* (COC) yang terintegrasi dengan perangkat-perangkat sensor yang tersebar di kawasan kota. Sementara itu, (Bouskela et al., 2016) menyebutkan bahwa arsitektur teknologi *smart city* memiliki empat komponen dasar yaitu:

1. Infrastruktur jaringan komunikasi berupa jaringan internet *broadband* (kabel dan atau nirkabel) untuk mengirim dan menerima data.

2. Sensor atau perangkat seluler yang menangkap perubahan lingkungan dan mengirimkannya melalui jaringan ke komputer di pusat kendali kota;
3. Pusat operasi dan kendali terpadu dilengkapi dengan komputer dan aplikasi yang menerima, memproses, dan menganalisis data yang dikirim oleh sensor; serta
4. Antarmuka komunikasi berupa layanan-layanan, portal web dan aplikasi *mobile* untuk mengirim dan menerima informasi dari masyarakat maupun pemangku kepentingan terkait.



Gambar 2. Lapisan arsitektur teknologi *smart city*

Gambar 2 memperlihatkan komponen-komponen yang membentuk lapisan arsitektur teknologi *smart city*. Dari keempat komponen di atas, infrastruktur jaringan dan sensor merupakan tumpuan fondasi yang membuat proyek *smart city* menjadi mungkin. Dua komponen tersebut juga menjadi elemen utama pada teknologi IoT, yang memandu *smart city* dalam mengumpulkan, menginterpretasi dan menganalisis data untuk pengelolaan sumber daya, fasilitas publik, dan layanan masyarakat secara efisien dan berkelanjutan (Kasznar et al., 2021). Selanjutnya, masing-masing komponen akan dibahas lebih mendalam untuk memberikan gambaran dan usulan teknologi infrastruktur yang dapat diterapkan pada pengembangan *smart city*.

1. Infrastruktur Jaringan Komunikasi

Rencana pembangunan *smart city* harus memastikan ketersediaan konektivitas di seluruh wilayah kota dan untuk seluruh warganya. Hal ini tidak hanya bertumpu pada keberadaan jaringan *broadband*, akan tetapi juga melibatkan infrastruktur jaringan komunikasi yang dapat berupa kombinasi

dari teknologi jaringan kabel, nirkabel (Wi-Fi, 3G, 4G atau radio) serta serat optik atau *fiber optic* (Bouskela et al., 2016). Untuk memungkinkan koneksi jaringan pada *smart city* dengan kualitas dan kecepatan yang tinggi, teknologi terkini dari *fiber optic* perlu digunakan. *Fiber optic* juga dapat mendukung tersedianya jaringan Wi-Fi yang penting untuk menghubungkan sensor dan perangkat seluler.

Menjamin keberadaan jaringan komunikasi baik kabel ataupun nirkabel adalah dasar untuk memastikan bagaimana jalur penyebaran informasi di kota. Oleh karena itu, pemerintah kota perlu menetapkan infrastruktur jaringan komunikasi sebagai prioritas di dalam rencana pembangunan *smart city*. Beberapa hal yang perlu dilakukan yaitu (S, Ashwin, 2020):

- Pembangunan infrastruktur telekomunikasi, dioperasikan oleh operator telekomunikasi.
- Pembangunan infrastruktur LAN/WAN untuk menghubungkan komputer secara lokal menggunakan *network device* dan dilengkapi dengan server berisi aplikasi/konten sesuai keperluan, dapat dioperasikan sendiri atau oleh vendor.
- Menghubungkan jaringan ke internet oleh operator internet global PTI-ICANN (*Public Technical Identifier-Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*), melalui operator ISP (*Internet Service Provider*) dan NAP (*Network Access Point*).

Kebutuhan pusat data atau *data center* yang terdiri atas kumpulan *hardware* berkapasitas tinggi, *software* pendukung, serta sistem pengaman yang canggih juga perlu dipertimbangkan agar mampu menyimpan dan menangani data secara terintegrasi. Lebih jauh, pembangunan infrastruktur dapat disederhanakan melalui teknologi HCI (*Hyper-Converged Infrastructure*), yang menggabungkan antara komputasi, penyimpanan dan jaringan ke dalam satu sistem secara virtual. Di sisi lain, meningkatnya penggunaan jaringan seluler di perkotaan membuat warga semakin terhubung secara *online*, sehingga jaringan komunikasi harus terjamin keamanannya. Keamanan informasi menjadi sangat penting untuk diperhatikan dalam rangka menjaga kerahasiaan (*confidentiality*), keaslian (*integrity*) dan ketersediaan (*availability*) data dan informasi, serta membangun kepercayaan publik.

2. Sensor dan Perangkat Seluler

Sensor dapat mengukur, melacak, dan menemukan banyak elemen di lingkungan, seperti cahaya, suhu, gerakan, aliran air, konsumsi daya, berat, kelembaban, dan lain-lain. Dalam (Fadli & Sumitra, 2019; Patrão et al., 2020), dijelaskan bahwa penggunaan sensor dapat mengurangi, mengatur, mengantisipasi, serta memprediksi banyak tantangan di perkotaan. Jaringan sensor nirkabel atau *Wireless Sensor Network* (WSN) secara luas memungkinkan pengambilan data dalam jumlah besar dan dapat dirancang untuk berbagai tujuan. Data yang diperoleh kemudian diubah menjadi informasi untuk menghasilkan pengetahuan yang mendukung pengambilan

keputusan serta memastikan kualitas hidup dan manfaat yang lebih baik bagi warga.

Sensor adalah bagian tak terpisahkan dari perangkat pintar atau *smart device*. Pada dasarnya, perangkat tersebut dilengkapi dengan sensor dan mikroprosesor yang membentuk sistem tertanam. Kumpulan *smart device* atau objek fisik yang saling terhubung melalui internet untuk berkomunikasi satu sama lain disebut sebagai IoT, yang merupakan evolusi dari komunikasi M2M (*Machine-to-Machine*). *Smart device* terus mengalami kemajuan dalam hal teknologi, ukuran, dan konektivitas, sehingga dapat membuka peluang-peluang baru untuk *smart city*.

Dalam pembangunan *smart city*, pemasangan sensor dilakukan di titik-titik kota dan dihubungkan satu sama lain melalui jaringan komunikasi. Data ditangkap dan dikirim secara *real-time*, kemudian dianalisis dan dibandingkan, untuk menghasilkan informasi yang dapat membantu membuat layanan kota menjadi lebih efisien. Selain mendukung pengembangan layanan, penggunaan sensor di lingkungan perkotaan dapat membantu penyusunan kebijakan publik baru serta mengantisipasi peristiwa di masa depan. Pemanfaatan sensor untuk *smart city* sangat luas dan bervariasi (Bouskela et al., 2016), diantaranya seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh pemanfaatan sensor untuk *smart city*

 KEAMANAN	 MOBILITAS
<ul style="list-style-type: none"> - Pemantauan kota dan pengenalan wajah dengan kamera - Pemetaan geografis dan pelacakan lokasi kendaraan dengan GPS - Sistem alarm gedung dengan kamera, sensor gerak dan sensor suhu - Memastikan keberadaan petugas dengan kamera <i>wearable</i> - Pengintaian pada area perbatasan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemantauan jalan dan arus lalu lintas dengan kamera dan sensor gerak - Kendali lampu lalu lintas dengan sistem cerdas - Pemantauan lokasi transportasi umum dengan GPS - Sistem papan petunjuk digital yang dinamis - Kendali area parkir - Otomatisasi akses pintu tol
 UTILITAS	 FASILITAS PUBLIK
<ul style="list-style-type: none"> - Otomatisasi penerangan jalan dengan sensor cahaya atau sensor gerak - Pemantauan konsumsi energi dengan fitur <i>smart grid</i> - Pemantauan konsumsi air rumah tangga - Deteksi kebocoran pipa dengan sensor tekanan air - Pengukuran ketinggian air waduk 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistem peringatan bahaya dengan kamera, sensor suhu dan sensor gas - Kendali jarak jauh untuk peralatan listrik dan penerangan - Pemantauan area publik yang sensitif terhadap suhu, asap dan kelembaban - Otomatisasi akses pintu dan jendela - Kendali pengisian tempat sampah umum
 KESEHATAN	 LINGKUNGAN
<ul style="list-style-type: none"> - Optimalisasi rute kendaraan untuk layanan darurat dengan GPS - Pemantauan situasi darurat dengan layanan telemedis - Sistem peringatan dan deteksi asap, gas beracun atau radiasi ultraviolet - Kendali suhu pada lemari pendingin untuk penyimpanan produk medis - Pemantauan kondisi kesehatan manula 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemantauan kualitas udara dan kebocoran bahan kimia - Deteksi bencana banjir, gempa dan tanah longsor - Pengukuran ketinggian air laut dan sungai - Pemantauan lokasi pembuangan limbah - Pemantauan area pertanian melalui udara dengan kamera dan <i>drone</i> - Pemantauan hewan ternak dengan GPS

Termasuk *smart device*, telepon pintar atau *smartphone* juga perlu diperhitungkan di dalam program *smart city*. Teknologi seluler dari *smartphone* saat ini mencakup komputer yang terkoneksi cepat dan kuat, kamera foto dan video berkualitas tinggi, serta serangkaian sensor canggih seperti *Global Positioning System* (GPS), Wi-Fi, NFC (*Near Field Communication*), *Bluetooth*, kompas, mikrofon, giroskop, sensor cahaya, akselerometer, barometer, termometer, magnetometer, dan higrometer (Bouskela et al., 2016). *Smartphone* dapat dilihat sebagai sensor perkotaan *real-time* terbaik yang memiliki kemampuan untuk mengumpulkan dan mengirimkan data ke pusat kendali terpadu *smart city*. Warga dapat berpartisipasi secara aktif melalui aplikasi *mobile* yang dikembangkan untuk *smart city*, sehingga setiap individu di kota dapat menerima pesan peringatan atau informasi lainnya hanya dengan menggunakan *smartphone* miliknya.

3. Pusat Operasi dan Kendali Terpadu (Command Center)

Pusat operasi dan kendali terpadu atau lebih dikenal dengan istilah *command center*, merupakan bentuk integrasi dari seluruh sumber daya di dalam *smart city* mulai dari perangkat, sistem hingga teknologi. *Command center* menyediakan panel-panel pemantauan, mengelola perangkat dari jarak jauh, dan mendistribusikan informasi ke departemen, institusi, maupun individu masyarakat. Dalam (Marizka, 2018), dijelaskan bahwa *command center* adalah pusat komando yang memberikan perintah dan membuat keputusan, melalui koordinasi dan kolaborasi, untuk mendukung respon terhadap kejadian atau situasi tertentu. Dengan kata lain, *command center* adalah otak dari *smart city* dalam menangani berbagai masalah di perkotaan melalui pendekatan terpadu.

Komponen-komponen *command center* meliputi (Bouskela et al., 2016): infrastruktur teknologi (komputer, monitor/*wall display* dan sistem aplikasi); infrastruktur fisik (peralatan *tele/video conference*, pemantauan alarm dan kontrol akses keamanan fisik); dan infrastruktur proses (keterampilan tim, manajemen krisis dan administrasi). *Command center* terhubung ke kota secara *real-time* melalui internet dan berbagai jaringan komunikasi, serta sensor-sensor dan perangkat digital yang tersebar di seluruh wilayah perkotaan. Fungsi *command center* adalah mengolah data historis kota menjadi informasi yang dibutuhkan agar pemerintah dapat mengambil tindakan secara cepat dan efektif. Proses ini melibatkan sejumlah teknologi seperti *Artificial Intelligent* (AI), *Big Data Analysis* dan IoT.

Dalam membangun *command center*, sangat penting untuk menyatukan perwakilan dari berbagai departemen maupun lembaga pemerintah yang menyediakan layanan kota. Hal ini memungkinkan hubungan kerjasama dalam berbagai bentuk, contohnya layanan tanggap darurat terintegrasi oleh kepolisian, pemadam kebakaran, ambulans, pertahanan sipil dan lain sebagainya. Manfaat lain yang bisa didapatkan yaitu kemudahan dalam memantau tata kelola administrasi pemerintahan, serta kemampuan dalam memprediksi jangka waktu implementasi kebijakan. Sistem yang demikian mampu menginformasikan apakah strategi pembangunan kota sudah tepat sasaran, sekaligus mengetahui dampak dari keputusan yang dibuat.

4. Antarmuka Komunikasi

Antarmuka komunikasi di dalam *smart city* merupakan kombinasi dari sistem dan aplikasi yang memungkinkan komunikasi antara pemerintah dan warga. Proses komunikasi dapat terjadi di dalam platform-platform digital yang terbuka dan kolaboratif. Sebagai contoh, pengembangan aplikasi *mobile* memungkinkan pengumpulan data dan partisipasi warga, sekaligus memungkinkan pemerintah untuk mengirimkan peringatan darurat dan informasi berguna lainnya kepada warga. Selain aplikasi *mobile*, penambahan platform berbasis web juga perlu dipertimbangkan untuk akses informasi antar kota, akses ke layanan, serta saluran untuk aspirasi warga. Di samping itu, penggunaan platform berbasis *cloud computing* menawarkan dukungan terhadap tata kelola pemerintahan yang terbuka dan transparan.

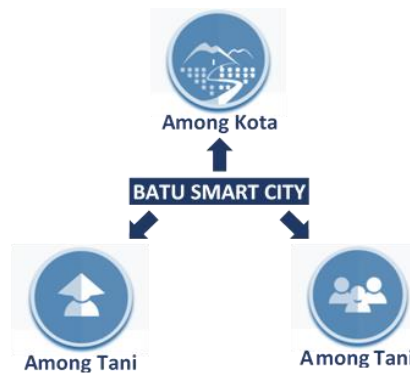
Dijelaskan dalam (Bouskela et al., 2016), bahwa meningkatnya penggunaan platform digital yang dapat diakses melalui web atau *smartphone* mampu mengintegrasikan warga ke berbagai bidang pemerintahan, mulai dari permintaan layanan hingga pemantauan akuntabilitas administrasi kota. Hal ini juga dapat menjadi salah satu cara untuk memastikan apakah seluruh warga sudah dapat mengakses layanan-layanan digital kota. Beberapa bentuk antarmuka komunikasi:

- Forum diskusi, memberikan kesempatan kepada warga untuk memberikan komentar, saran dan suara terhadap kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah;
- Aplikasi seluler, memungkinkan warga untuk melaporkan masalah fasilitas publik, meminta layanan atau perbaikan, dan menerima peringatan atau laporan; serta
- Jejaring sosial, memungkinkan warga untuk melakukan jajak pendapat, menyerukan aspirasi dan partisipasi, juga digunakan pemerintah untuk pengumpulan dan analisis data.

Penerapan *Smart City* di Kota Batu

Sebagai kota pariwisata, Kota Batu berperan penting dalam menggerakkan roda perekonomian warga khususnya di wilayah Malang Raya. Kota Batu memiliki karakteristik kondisi alam berupa pegunungan, keadaan lahan yang subur, serta suhu udara rata-rata mencapai 12-19 derajat Celsius, yang ditunjang dengan akses transportasi dan komunikasi yang mudah. Dalam (*Kajian Pemanfaatan Teknologi Untuk Konsep Batu Smart City*, 2016), ditegaskan bahwa Kota Batu memiliki potensi yang kuat dalam perkembangan dan pertumbuhan ekonomi dan jasa, pusat kegiatan nasional untuk industri, perdagangan, transportasi, komunikasi, pertanian, dan pariwisata. Disebutkan juga dalam (*Review Perencanaan Smart City Kota Batu*, 2020), potensi Kota Batu antara lain: potensi masyarakat; potensi pertambangan dan energi; potensi pariwisata; potensi transportasi dan komunikasi; potensi pemerintahan; potensi geografi dan iklim; potensi kependudukan; potensi ketenagakerjaan; potensi pendidikan; potensi kesehatan; potensi pertanian dan peternakan; potensi industri; dan potensi pemanfaatan TIK.

Untuk menjaga citra dan eksistensi Kota Batu, pelayanan publik perlu ditingkatkan melalui pemanfaatan teknologi informasi agar dapat mempermudah segala bentuk aktifitas pemerintah dan masyarakat. Hal ini menjadi dasar dalam pembangunan dan kegiatan *smart city* di Kota Batu. Secara garis besar, penerapan *smart city* di Kota Batu diimplementasikan ke dalam tiga aplikasi utama, yaitu Among Kota, Among Warga dan Among Tani seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Fokus penerapan *smart city* di Kota Batu

Perencanaan dan pengelolaan *smart city* di Kota Batu diatur dalam Peraturan Walikota Batu Nomor 78 tahun 2017 dan dituangkan dalam dokumen (*Masterplan Smart City Kota Batu, 2017*). Di dalam dokumen tersebut, tercantum visi Batu *Smart City* yaitu “Sinergitas Pelayanan Cerdas Menuju Desa Berdaya Kota Berjaya”. Dimensi Batu *Smart City* yang menjadi prioritas perubahan meliputi enam pilar yaitu: tata kelola birokrasi (*smart governance*); pemasaran daerah (*smart branding*); perekonomian (*smart economy*); ekosistem permukiman penduduk (*smart living*); lingkungan masyarakat (*smart society*); dan pemeliharaan lingkungan (*smart environment*).

Tabel 2. Ringkasan program *smart city* di Kota Batu

No.	Komponen <i>Smart City</i>	Sasaran	Sektor Potensial	Realisasi di Bidang TIK
1.	Smart Governance	<ul style="list-style-type: none"> - Mewujudkan tata kelola pemerintahan yang efektif, efisien dan komunikatif - Peningkatan kinerja birokrasi melalui inovasi dan adopsi teknologi 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemerintahan - Infrastruktur TIK - Pelayanan publik 	<ul style="list-style-type: none"> - Penerapan SIMDA dan sistem terkait lainnya - Penyusunan regulasi dan peningkatan kompetensi TIK - Pemeliharaan dan pengembangan infrastruktur jaringan <i>fiber optic</i> - Pembangunan <i>command center</i> - Pengembangan portal <i>smart city</i> berbasis GIS
2.	Smart Branding	<ul style="list-style-type: none"> - Peningkatan daya saing daerah dengan penataan wajah kota - Pemasaran potensi daerah baik dalam lingkup lokal, nasional maupun internasional 	<ul style="list-style-type: none"> - Pariwisata - Bisnis dan investasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan aplikasi untuk pusat informasi pariwisata (Among Kota) - Penambahan <i>Smart/Edu Park</i> - Peningkatan <i>Smart Hotel</i>

3.	Smart Economy	<ul style="list-style-type: none"> - Mewujudkan ekosistem yang mendukung aktivitas ekonomi masyarakat - Meningkatkan <i>financial literacy</i> masyarakat 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketenaga kerjaan - Pertanian dan peternakan - Industri 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan aplikasi untuk pertanian (Among Tani) - Pengumpulan <i>database</i> UMKM - Pemberlakuan pembayaran <i>cashless</i>
4.	Smart Living	<ul style="list-style-type: none"> - Mewujudkan lingkungan tempat tinggal yang layak tinggal, nyaman dan efisien 	<ul style="list-style-type: none"> - Transportasi dan komunikasi - Kependudukan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan aplikasi untuk pelaporan (Among Warga) - Pengembangan perangkat dan sistem pemantauan CCTV terintegrasi - Pembangunan sarana komunikasi untuk respon cepat
5.	Smart Society	<ul style="list-style-type: none"> - Mewujudkan ekosistem sosio-teknis masyarakat yang humanis dan dinamis 	<ul style="list-style-type: none"> - Masyarakat - Pendidikan - Kesehatan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pencegahan munculnya isu sosial melalui media elektronik atau media sosial
6.	Smart Environment	<ul style="list-style-type: none"> - Mewujudkan tata kelola lingkungan yang baik, bertanggungjawab, dan berkelanjutan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pertambangan dan energi - Geografi dan iklim - Lingkungan hidup 	<ul style="list-style-type: none"> - Konektivitas perbankan dengan bank sampah dalam pembayaran PBB

Pada Tabel 2 diperlihatkan upaya-upaya implementasi program *smart city*, khususnya di bidang TIK, yang telah dilaksanakan oleh pemerintah Kota Batu hingga periode tahun 2020 ditinjau dari enam pilar *smart city*. Berdasarkan data tersebut, diasumsikan bahwa pilar *Smart Governance* memiliki tingkat pencapaian yang paling tinggi, sedangkan pilar *Smart Society* dan *Smart Environment* ditunjukkan dengan tingkat pencapaian yang rendah (*Review Perencanaan Smart City Kota Batu, 2020*).

Dari hasil observasi dan wawancara yang dilakukan di Dinas Komunikasi dan Informatika Pemerintah Kota Batu, ditemukan sejumlah permasalahan terkait infrastruktur TIK. Tabel 3 menguraikan permasalahan berdasarkan komponen arsitektur teknologi *smart city* beserta rekomendasi yang diusulkan untuk mendukung solusi penyelesaian masalah.

Tabel 3. Temuan masalah beserta rekomendasi pada infrastruktur TIK Kota Batu

No.	Komponen	Permasalahan	Rekomendasi
1.	Infrastruktur Jaringan Komunikasi	Tidak semua titik jaringan <i>metrolink</i> yang menggunakan kabel <i>fiber optic</i> tersambung	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan peninjauan kembali terhadap titik-titik <i>metrolink</i> - Realisasi penyambungan seluruh titik <i>metrolink</i> dengan <i>fiber optic</i>
		<i>Access point</i> yang kurang memadai di area publik menyebabkan ketidakstabilan jaringan	<ul style="list-style-type: none"> - Pembaharuan perangkat jaringan dengan spesifikasi, keamanan dan teknologi terbaru - <i>Upgrade</i> dan <i>update</i> perangkat jaringan termasuk <i>access point</i>
		Server dengan IP <i>Public</i> tanpa perlindungan yang maksimal dapat menimbulkan celah keamanan	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan keamanan server - Mengkonfigurasi <i>firewall</i> dan mengaktifkan sistem DMZ (<i>Demilitarized Zone</i>)
2.	Sensor dan Perangkat	Pengelolaan aset kota yang belum optimal mempersulit fungsi kendali dan operasi	<ul style="list-style-type: none"> - Memanfaatkan sensor dan kamera untuk memantau kota, mengatur lalu lintas, mengamati cuaca dll

	Seluler	pada pelayanan publik	- Penerapan <i>Data Mining</i> dan <i>Data Analytics</i> untuk mengolah data kota menjadi informasi yang tepat guna
		Potensi sektor pertanian perlu dikembangkan melalui inovasi teknologi dari revolusi industri 4.0	- Memanfaatkan teknologi IoT untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi sumber daya pertanian - Implementasi <i>Smart Agriculture</i> secara berkelanjutan dan ramah lingkungan
3.	Pusat Operasi dan Kendali Terpadu	Perlunya penyimpanan, pemrosesan dan analisis data dalam jumlah besar (<i>Big Data</i>)	- Mengarahkan dan menyimpan data kota ke dalam sebuah basis data yang terpusat, terpadu dan akurat - Pembangunan <i>Green Data Center</i> menggunakan teknologi <i>Hybrid Cloud</i>
		Perlunya keterlibatan dan kerja sama yang baik dari semua departemen/lembaga pemerintah	- Membangun sinergi di antara pejabat berwenang, petugas dan warga - Meningkatkan koordinasi di antara SOPD (Satuan Organisasi Perangkat Daerah)
4.	Antarmuka Komunikasi	Sistem dan aplikasi pada layanan <i>smart city</i> belum terintegrasi secara optimal	- Meningkatkan integrasi layanan-layanan digital dengan berbagai platform teknologi dan format data - Mengadakan pengarahan maupun pelatihan kepada petugas di lapangan
		Ketimpangan digital dan pola pikir konvensional mempersulit adaptasi warga dalam menggunakan aplikasi	- Mempermudah pengoperasian aplikasi dan antarmuka yang <i>user friendly</i> - Mengadakan sosialisasi, menyediakan layanan bantuan/konsultasi

Di Kota Batu saat ini, sebagian besar aktivitas masyarakat dan pelayanan publik dalam berbagai sektor secara fundamental bergantung pada teknologi informasi. Oleh karena itu, pemerintah Kota Batu perlu memiliki kesiapan-kesiapan untuk mendukung penerapan *smart city*, salah satunya *ICT Readiness* dalam (Anjani et al., 2019). *Smart City Readiness* dalam (Achmad et al., 2018; Burns, 2018) tidak hanya mempertimbangkan aspek teknologi yaitu infrastruktur (*hardware*) dan infostruktur (*software*), tetapi juga aspek non-teknologi berupa suprastruktur (*brainware*). Hal ini diperkuat dalam (Anggraini & Iqbal, 2020) yang menyebutkan bahwa sumber daya manusia merupakan penggerak dan pengelola sumber daya lainnya di dalam *smart city*, dimana keberhasilan transformasi kota sangat dipengaruhi oleh keterampilan, pengetahuan, motivasi dan kemauan mereka dalam menerima perubahan teknologi (Anam et al., 2021). Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya peningkatan kualitas aparatur pemerintah untuk mempersiapkan tenaga ahli yang handal dalam pengoperasian dan pengelolaan infrastruktur *smart city*. Di sisi lain, sosialisasi dan pengarahan mengenai digitalisasi pelayanan publik juga perlu dilakukan untuk meningkatkan pengetahuan dan partisipasi warga.

Selanjutnya, pencapaian implementasi program *smart city* di Kota Batu juga perlu diukur menggunakan *Smart City Assessment Tools* untuk mengevaluasi kinerja program agar dapat membawa manfaat bagi semua pemangku kepentingan yang terlibat. Selain itu, Kota Batu juga dapat berpartisipasi dalam pemeringkatan *smart city* yang diselenggarakan oleh sejumlah lembaga di Indonesia maupun dunia untuk menarik perhatian publik dan mendorong persaingan yang sehat.

KESIMPULAN

Kota Batu sebagai kota pariwisata dan agropolitan tengah berupaya meningkatkan potensi dan daya saing daerah melalui pengembangan *smart city* pada enam pilar yang meliputi *smart governance*, *smart branding*, *smart economy*, *smart living*, *smart society*, dan *smart environment*. Dalam rangka mencapai efektivitas keseluruhan implementasi *smart city*, pemerintah Kota Batu perlu memperhatikan pengelolaan infrastruktur TIK dengan memanfaatkan perkembangan teknologi terkini. Optimalisasi yang perlu dilakukan mencakup seluruh perangkat dan peralatan teknis yang digunakan untuk memastikan ketersediaan konektivitas kota seperti *fiber optic*, *network device*, sensor-sensor, server, *data center* beserta *hardware* dan *software* pendukung lainnya. *Command center* yang berperan penting dalam memproses informasi kota melalui perpaduan berbagai teknologi perlu meningkatkan integrasi data serta koordinasi antar SOPD dan lembaga lainnya yang terlibat di dalam program pembangunan *smart city*. Selain itu, sistem dan aplikasi dibutuhkan sebagai antarmuka komunikasi pada penerapan *smart city*, sehingga perlu adanya sinergi antara pemerintah, masyarakat dan pemangku kepentingan terkait untuk mendukung berjalannya layanan-layanan digital yang saling terhubung dan mudah digunakan. Melalui pemanfaatan infrastruktur TIK di dalam perencanaan dan pengembangan *smart city*, disertai dengan pemberdayaan warga, Kota Batu diharapkan mampu mewujudkan tata kelola pemerintahan serta pelayanan masyarakat yang efektif, efisien, komunikatif dan responsif.

SARAN

Pengembangan infrastruktur *smart city* harus terus mengikuti perkembangan TIK, khususnya yang berkaitan dengan jaringan komunikasi, IoT, *Big Data* hingga AI. Arah penelitian selanjutnya dapat berfokus pada bagaimana infrastruktur TIK dapat dimanfaatkan untuk mencapai solusi *smart city* yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*green and sustainable ICT infrastructure*).

DAFTAR RUJUKAN

- Achmad, K. A., Nugroho, L. E., Djunaedi, A., & Widyawan, W. (2018). Smart City Readiness based on Smart City Council's Readiness Framework. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 8(1), 271–279. <https://doi.org/10.11591/ijece.v8i1.pp271-279>
- Anam, M. K., Lestari, T. P., Latifah, Firdaus, M. B., & Fadli, S. (2021). Analisis Kesiapan Masyarakat Pada Penerapan Smart City di Sosial Media Menggunakan SNA. <https://doi.org/10.29207/RESTI.V5I1.2742>
- Anggraini, A. T., & Iqbal, M. (2020). The Utilization of Jogja Smart Service Application: An E-Readiness Approach. *Journal of Governance and Public Policy*, 7(2), 150–159. <https://doi.org/10.18196/jgpp.72130>
- Anjani, R., Suprpto, S., & Herlambang, A. (2019). Evaluasi Tingkat Kesiapan Pemerintah Kota Batu Dalam Menerapkan Pemerintahan Berbasis Elektronik (E-Government) Dengan Menggunakan ICT Readiness. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3, no. 4, pp.

- 3123–3130, jan. 2019. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/4883>
- Asniati, A., Ali, S., Djunid, A., & Novandri, R. (2019). *Analysis of a City Readiness in Indonesia in Implementing Integrated Information Systems toward Smart City Actualization*. 32–36. <https://doi.org/10.2991/iciir-18.2019.7>
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., Luca, C. D., & Facchina, M. (2016). *The Road toward Smart Cities: Migrating from Traditional City Management to the Smart City*. <https://doi.org/10.18235/0000377>
- Burns, M. J. (2018). *IES-City Framework: A Consensus Framework for Smart City Architectures*. 150.
- Eniyati, S., Santi, R., Retnowati, R., Mulyani, S., & Martha, K. (2017). Perhitungan Tingkat Kesiapan Implementasi Smart City dalam Perspektif Smart Governance dengan Metode FIS Mamdani. *Dinamik*, 22, 39–48. <https://doi.org/10.35315/dinamik.v22i1.7104>
- Fadli, M., & Sumitra, I. D. (2019). A Study of Application and Framework Smart City in Bandung: A Survey. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 662, 022083. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/2/022083>
- Herlambang, A. D., Putra, W. H. N., & Saputra, M. C. (2018). Evaluasi Kesiapan Implementasi Program Smart City di Pemerintah Kabupaten Malang dengan Menggunakan E-Readiness. *JURNAL TECNOSCIENZA*, 2(2), 1–19.
- Kajian Pemanfaatan Teknologi untuk Konsep Batu Smart City*. (2016). Universitas Brawijaya Malang.
- Kasznar, A. P. P., Hammad, A. W. A., Najjar, M., Linhares Qualharini, E., Figueiredo, K., Soares, C. A. P., & Haddad, A. N. (2021). Multiple Dimensions of Smart Cities' Infrastructure: A Review. *Buildings*, 11(2), 73. <https://doi.org/10.3390/buildings11020073>
- Khairi, N., & Aria, J. (2020). AGRO-BASED SMART CITY KOTA BATU: IMPLEMENTASI DAN TANTANGAN. *Jurnal Kebijakan Publik*, 11, 55. <https://doi.org/10.31258/jkp.11.2.p.55-62>
- Mahesa, R., Yudoko, G., & Anggoro, Y. (2019). Dataset on the sustainable smart city development in Indonesia. *Data in Brief*, 25, 104098. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104098>
- Marizka, M. (2018). *Analisis Kesiapan Kota Padang Menuju Smart City Melalui Pembangunan Command Center*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12084.81282>
- Masterplan Smart City Kota Batu*. (2017).
- Patrão, C., Moura, P., & Almeida, A. T. de. (2020). Review of Smart City Assessment Tools. *Smart Cities*, 3(4), 1117–1132. <https://doi.org/10.3390/smartcities3040055>
- Review Perencanaan Smart City Kota Batu*. (2020). Universitas Merdeka Malang.
- S, Ashwin. (2020). *Pengembangan Kota Cerdas (Smart City)*. WanTIKNas, Makassar.
- Sadiku, M., Shadare, A., Dada, E., & Musa, S. (2016). Smart Cities. *International Journal of Scientific Engineering And Applied Science*, 2.