

## **BAB II**

### **TINJAUAN TEORI**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan dalam penelitian mengenai *smart infrastructure* di Kota Bandar Lampung.

#### **2.1 Prasarana Perkotaan**

Prasarana perkotaan adalah suatu kelengkapan dasar dari kondisi fisik lingkungan perkotaan yang membuat suatu lingkungan tersebut dapat berjalan dengan lancar sebagaimana mestinya (Diwiryono, 1996). Dari pengertian tersebut dapat dikatakan bahwa prasarana lingkungan merupakan suatu fasilitas dasar yang harus ada di suatu lingkungan permukiman agar kegiatan aktivitas di lingkungan tersebut dapat berjalan dengan lancar. Menurut *Organization for Economic Cooperation and Development* (1999), prasarana perkotaan merupakan fasilitas dasar yang terdiri dari penyediaan air bersih, air limbah, drainase, jalan raya, transportasi, jaringan energi, jaringan telekomunikasi dan jaringan pelayanan lainnya. Secara rincinya, komponen dari suatu prasarana perkotaan terdiri atas tujuh macam yaitu jaringan air bersih, drainase, jaringan energi, air limbah, jaringan jalan/transportasi, jaringan telekomunikasi dan persampahan.

Dari ketujuh macam prasarana tersebut, jaringan telekomunikasi, listrik, air limbah dan air bersih dikelola langsung oleh pemerintah pusat/pemerintah daerah setempat. Sedangkan untuk drainase dan persampahan, dilakukan pengelolaan sendiri oleh masyarakat sekitar, terkecuali dengan persampahan pusat (TPA) yang dikelola oleh dinas dan pemerintah setempat (Diwiryono, 1996). Prasarana memiliki fungsi sebagai pelayanan dan pendorong agar terwujudnya lingkungan permukiman yang optimal dan sesuai dengan fungsi yang semestinya. Dengan memperbaiki dan merawat lingkungan yang sesuai dan tetap menjaga keseimbangan antara pelayanan dan tingkat dari kebutuhan masyarakat akan prasarana dalam suatu wilayah, keseimbangan dari dua hal tersebut dapat menjadikan pemakaian sumber daya yang ketersediaannya terbatas dapat lebih optimal (Diwiryono, 1996).

## 2.2 Smart city

*Smart city* adalah konsep perencanaan kota dengan memanfaatkan perkembangan teknologi yang akan membuat hidup yang lebih mudah dan sehat dengan tingkat efektif dan efisiensi yang tinggi. Sedangkan menurut Caragliu, A., dkk dalam Scaffers (2011) *smart city* didefinisikan sebagai sebuah kota yang mampu menggunakan secara maksimal sumber daya manusia, sosial dan infrastruktur berupa teknologi telekomunikasi yang digunakan sebagai upaya untuk mewujudkan pertumbuhan ekonomi dan kualitas hidup yang lebih baik serta pengolahan sumber daya dengan berbasis kepada partisipasi dari masyarakat. Konsep *smart city* masih bergantung pada kota dan pengembang masing-masing. Pengertian *smart city* secara umum dilihat dari cara menyelesaikan masalah dari tiga aspek utama kota, yaitu fisik, sosial dan ekonomi. Sebuah kota akan dapat dikatakan *smart* apabila dapat memecahkan masalah dari ketiga aspek tersebut dengan menggunakan teknologi dan sumber daya yang ada pada kota tersebut secara efektif dan efisien. Secara lanjut, konsep *smart city* mencoba menghubungkan infrastruktur fisik, infrastruktur sosial dan infrastruktur ekonomi dengan menggunakan teknologi ICT, yang dapat mengintegrasikan semua elemen dalam aspek tersebut sehingga membuat kota menjadi lebih efisien dan layak huni.



Sumber: Dirjen Cipta Karya, Kementerian PUPR, 2017

**Gambar 2. 1 Diagram Aspek Smart city**

Menurut Dinas cipta karya Kementerian PUPR, (2017), aspek dalam *smart city* memiliki enam indikator utama yaitu *smart environment*, *smart economy*, *smart governance*, *smart people*, *smart living* dan *smart mobility*. Secara lebih jelasnya yaitu sebagai berikut:

### **1. Smart People**

Masyarakat pintar atau masyarakat yang memiliki kreativitas dan modal sosial yang memiliki arti bahwa pembangunan senantiasa membutuhkan modal, baik modal ekonomi (*economical capital*), modal manusia (*human capital*) maupun modal sosial (*social capital*).

### **2. Smart Environment**

*Smart environment* atau lingkungan pintar (keberlanjutan dan sumber daya) yaitu lingkungan pintar memiliki arti sebagai lingkungan yang mampu memberikan kenyamanan. Keberlanjutan sumber daya, keindahan fisik maupun non fisik, visual maupun non visual, bagi masyarakat maupun bagi publik. Contoh dari lingkungan pintar yaitu lingkungan yang bersih dan tertata sert RTH yang stabil dan sesuai. Lingkungan pintar menjadi perhatian yang penting dalam pembangunan kota, sama hal pentingnya dengan pembangunan infrastruktur fisik maupun pembangunan prasarana. Berikut merupakan elemen dari *smart environment*.

### **3. Smart Living**

Kehidupan yang cerdas (kualitas hidup dan kebudayaan) dimana masyarakat yang berbudaya artinya yaitu bahwa manusia memiliki kualitas hidup yang terukur (budaya). Kualitas hidup tersebut bersifat dinamis, dalam artian selalu berusaha memperbaiki dirinya sendiri.

### **4. Smart Mobility**

Mobilitas pintar (transportasi dan infrastruktur) yang memiliki arti bahwa pengelolaan infrastruktur kota yang dikembangkan dimasa depan merupakan sebuah sistem pengelolaan terpadu dan diorientasikan untuk menjamin keberpihakan pada kepentingan publik.

### **5. Smart Economy**

Ekonomi pintar (inovasi dan persaingan) yang memiliki arti bahwa semakin tinggi inovasi-inovasi baru yang ditingkatkan maka akan menambah peluang usaha baru dan meningkatkan persaingan pasar usaha atau modal.

## 6. *Smart Governance*

Pemerintahan yang cerdas (pemberdayaan dan partisipasi) yang artinya bahwa kunci utama dari keberhasilan penyelenggaraan pemerintahan adalah *good governance*, yaitu paradigma yang sistem dan proses penyelenggaraan pemerintahan dan pembangunan yang mengindahkan prinsip-prinsip supremasi hukum, kemanusiaan, keadilan, demokrasi, partisipasi, transparansi, profesionalitas dan akuntabilitas ditambah dengan komitmen terhadap tegaknya nilai dan prinsip “desentralisasi, daya guna, hasil guna, pemerintahan yang bersih, bertanggung jawab dan berdaya saing”.

Alasan dan asumsi dasar yang digunakan sehingga dapat dikatakan bahwa *smart city* layak untuk dikedepankan, yaitu:

1. Kota-Kota di Indonesia perlu secara cermat menghadapi dan mengatasi persoalan ledakan penduduk akibat urbanisasi yang tidak terbendung. Agar kota-kota dan perkotaan yang ada tetap dapat menjadi layak huni dimasa mendatang, salah satunya adalah dengan mengendalikan tingkat jumlah penduduk dan meningkatkan tingkat pelayanan publik.
2. Krisis perkotaan dapat dihindari yang seperti obesitas perkotaan dapat dikendalikan dengan menyediakan ruang terbuka hijau, pengembangan jalur sepeda dan pedestrian, pengembangan kota kompak dan pengendalian penjalaran kawasan pinggiran.

Penerapan *smart city* menurut Hasibuan dan Sulaiman (2019) memiliki landasan atau syarat tersendiri dalam pembangunannya, yaitu sebagai berikut:

1. Peran pemerintah, dimana pemerintah daerah memiliki peran yang penting dalam mewujudkan terwujudnya konsep *smart city* di daerah tersebut yang dapat dilakukan dengan melalui penetapan perencanaan, regulasi, pembiayaan, pembangunan sistem infrastruktur yang berbasis dengan teknologi dan melakukan pengelolaan.
2. Dukungan dari masyarakat, dimana masyarakat memiliki peran yang cukup penting dalam mewujudkan *smart city* seperti dalam bidang program-program

atau kebijakan yang membutuhkan dukungan dari masyarakat, selain itu juga masyarakat juga memiliki peran sebagai pemberi ide dan saran yang inovatif kepada pemerintah untuk terciptanya kota cerdas yang sesuai dengan keadaan dan kondisi masyarakat di daerah tersebut.

3. Pembiayaan, dimana teknologi yang dibutuhkan dalam mewujudkan *smart city* tidak lah murah, melainkan membutuhkan biaya yang relatif besar. Sehingga pemerintah daerah dituntut untuk dapat memanfaatkan , memikirkan, merencanakan dan menggambarkan biaya yang dibutuhkan yang nantinya akan dianggarkan kedalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD).
4. Teknologi, dimana semakin meningkatnya dan semakin majunya sebuah kota di dalam bidang teknologinya maka akan lebih mudah dalam menerapkan *smart city* di dalamnya.

Selain landasan atau syarat dari perwujudan *smart city*, terdapat juga dimensi yang digunakan dalam konsep *smart city*. Menurut Hasibuan dan Sulaiman (2019) terdapat tiga dimensi konsep smart city, yaitu:

1. Dimensi teknologi, dimensi ini diperlukan dalam pembangunan kota cerdas sebagai digitalisasi dan pengintegrasian infrastruktur dengan teknologi pintar.
2. Dimensi sumber daya manusia, yaitu dimana dalam penerapan *smart city* dibutuhkan kreatifitas, pengetahuan, pendidikan dan pembelajaran kepada sumber daya manusia yang ada sebagai pendorong agar terciptanya kota yang pintar.
3. Dimensi institutional, yaitu dimensi yang berkaitan dengan dukungan dari pemerintah. Dimensi ini diperlukan sebagai dukungan pemerintah berupa kebijakan yang digunakan sebagai landasan awal penerapan konsep kota cerdas. Selain itu, kebijakan ini juga berfungsi sebagai penghubung antar lembaga pemerintah dan non-pemerintah dalam membangun lingkungan administratif yang terintegrasi.

Selain ketiga dimensi *smart city* tersebut, terdapat pula elemen lain yang termasuk kedalam elemen utama dalam penerapan *smart city*, yaitu infrastruktur, modal, perilaku, aset, budaya, sosial ekonomi, teknologi, politik dan lingkungan.

Penerapan *smart city* juga memiliki beberapa tingkatan level, menurut Hasibuan dan Sulaiman (2019) tingkatan level tersebut terbagi dalam enam level, yaitu:

- 1) Level 0, dimana pada level ini merupakan level awal dari upaya penerapan *smart city* disuatu kota. Level ini dicirikan dengan kota masih biasa saja namun terdapat potensi untuk menjadi kota yang cerdas.
- 2) Level 1, pada level ini merupakan level dimana kota telah memiliki upaya awal dalam penerapan *smart city*, yaitu dengan telah adanya jaringan internet yang merata pada seluruh wilayah kota.
- 3) Level 2, yaitu pada level ini merupakan tahap lanjutan dari level sebelumnya, dimana telah terhubungnya kota tersebut dengan kota lainnya melalui konsep *Metropolitan Area Network* (MAN).
- 4) Level 3, dimana level ini kota telah melakukan open information dengan kata lain kota tersebut telah memiliki keterbukaan mengenai data dan informasi secara online kepada kota lainnya.
- 5) Level 4, pada level ini kota telah mampu mengolah data dan informasi dengan keamanan yang baik.
- 6) Level 5, pada level ini telah terjadi kombinasi yang baik dan selaras antara level 2,3, dan 4. Pada level ini peran dari berbagai stakeholders diperlukan dan dilibatkan dalam pengembangan konsep *smart city*, antara lain : *Government, academician, citizen/civil community, developers, media dan private sectores.*



Sumber: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional

**Gambar 2. 2** Komponen *Smart city* di Indonesia

Menurut Ferbia, dkk (2019) *Smart infrastructure* adalah salah satu bagian dari komponen komponen *smart city*. *smart infrastructure* pada bidang prasarana juga termasuk kedalam salah satu indikator dari *smart city* yaitu *smart environment*. Berikut merupakan bagan elemen dari *smart environment*.



Sumber: CCSN dalam Masterplan Smart city Kota Bogor

**Gambar 2. 3** Elemen *Smart Environment*

sasaran dari *smart environment* yaitu untuk mewujudkan tata kelola lingkungan yang bertanggung jawab, baik dan berkelanjutan, dan akan dijabarkan sebagai berikut:

a. Pengembangan Program Proteksi Lingkungan (Protection)

Dalam sistem ini salah satunya yang termasuk ke dalam prasarana yaitu pengembangan sistem tata kelola sumber daya air, tanah dan udara serta diintegrasikan dengan penggunaan IoT sebagai sensor untuk memonitoring pencemaran air, tanah dan udara.

b. Mengembangkan Tata Kelola Persampahan dan Limbah (*Waste*)

Dengan mengintegrasikan pengembangan sistem pengelolaan sampah dan limbah, baik dari rumah tangga, industri maupun publik.

c. Mengembangkan Tata Kelola Energi

Dengan melakukan pemanfaatan energi yang efisien seperti pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat digunakan secara berkelanjutan. Misalnya energi yang terbuat dari pemanfaatan sampah/limbah, biogas, energi surya, angin dan lain sebagainya.

Lingkungan Cerdas mencerminkan komitmen suatu kota atau kabupaten dalam masalah perlindungan lingkungan, pengelolaan sampah, dan penggunaan energi. Semua inisiatif ini harus dirancang untuk mendukung kehidupan semua ekosistem di planet ini. *Smart environment* dapat diterapkan oleh beberapa poin, yaitu seperti pengelolaan sampah yang cerdas, penerapan energi baru terbarukan, menggunakan teknologi yang ramah lingkungan, manajemen energi yang cerdas dan manajemen lalu lintas.

## 2.2 *Smart Infrastructure*

*Smart* infrastruktur ini merupakan bagian yang utama dan pertama direalisasikan karena merupakan bagian yang cukup penting yang berfungsi mengintegrasikan data dan membuat fasilitas-fasilitas sistem informasi di dalam keberlangsungan *smart city*. *Smart* infrastruktur merupakan pemegang peranan penting dalam membuat dan mewujudkan *smart city*. Dengan kata lain *smart infrastructure* merupakan perpaduan antara infrastruktur dengan teknologi dan IoT untuk dapat diintegrasikan sehingga mempermudah kegiatan. Alkandari et al.

(2012) menggambarkan infrastruktur pintar sebagai tulang punggung kota, yang digerakkan oleh jaringan sensor nirkabel. Menurut Royal Academy of Engineering (2012) dalam Ogie dkk (2017) *smart infrastructure* merupakan sistem infrastruktur yang menggunakan sensor sebagai pemberi data yang dapat memberikan informasi dan keputusan secara cepat. Memanfaatkan sensor yang disematkan kepada infrastruktur, dan terintegrasi dengan pusat pelayanan yang nantinya sensor tersebut akan memberikan data dan informasi untuk dapat ditindak lanjuti sesuai dengan permasalahan yang terjadi.

Menurut Bowers, dkk, 2017 *smart infrastructure* merupakan suatu hasil dari penggabungan antara infrastruktur fisik dan infrastruktur digital yang dapat menyediakan informasi untuk memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik, lebih cepat dan lebih murah. Infrastruktur fisik menurut Bowers dkk, 2017 terbagi menjadi transportasi, energy kelistikan, air bersih, telekomunikasi persampahan dan lain-lain. Sedangkan infrastruktur digital yaitu berupa sensor, IoT, jaringan, BIM/GIS, big data, machine learning, dan sebagainya. *Smart infrastructure* merupakan sebuah fondasi untuk semua tema utama yang ada dalam indikator kota cerdas, seperti *smart people, smart mobility, smart economy, smart living and smart environment*. Karakteristik inti yang mendasari sebagian besar komponen indikator tersebut adalah keterkaitan antara satu sama lain yang dapat menghasilkan data yang digunakan untuk memastikan penggunaan sumberdaya yang ada secara optimal.

Infrastruktur pintar digunakan untuk mengintegrasikan segala komponen indikator tersebut (United Nations, 2016). Tujuan dari adanya *smart infrastructure* ini adalah untuk mengatasi berbagai karakteristik inovasi ekosistem oleh semua gagasan *smart city* yang diataranya adalah kota hijau yang saling berhubungan, terpadu untuk semua lapisan dan bentuk kota. Perencanaan *smart infrastructure* menggunakan model referensi untuk menentukan konsep tata letak kota yang cerdas dan berkarakter. Selain itu, tujuan utama dari pembangunan sebuah *smart infrastructure* adalah bagaimana kita dapat melestarikan lingkungan, meningkatkan daya saing ekonomi dan membangun masyarakat yang madani.

Dalam perwujudan konsep *smart infrastructure* memiliki prinsip-prinsip. Menurut Royal Academy of Engineering (2012) dalam Ogie dkk (2017) akan sulit

untuk dapat melaksanakan konsep *smart infrastructure* ini, berikut prinsip *smart infrastructure*:

- a. Memperoleh data; menurut Royal Academy of Engineering (2012) dalam Ogie dkk (2017) data adalah inti dari semua teknologi pintar. Untuk mengimplementasikan *smart infrastructure*, proses untuk memperoleh data harus dilakukan, seringkali menggunakan sistem sensor. Data merupakan hal yang dibutuhkan untuk menjadi dasar untuk mengambil suatu keputusan yang baik (Fan dkk, 2012).
- b. Analisis data; setelah diperoleh data, maka data tersebut harus diproses, diinterpretasikan dan diubah menjadi format yang dapat ditindaklanjuti untuk mengambil keputusan dengan pembelajaran mesin (Royal Academy of Engineering (2012) dalam Ogie dkk (2017)).
- c. Mempertahankan umpan balik; karakteristik pembeda antara *smart infrastructure* dengan tradisional adalah fitur adaptifnya, yang harus dipertahankan dengan mempertahankan umpan balik dimana informasi yang diperoleh tentang penggunaan infrastruktur, kinerja dan kondisi lingkungan terus digunakan untuk mengoptimalkan efisiensi operasional.
- d. Desain untuk kemampuan beradaptasi; dalam merancang *smart infrastructure*, kemampuan adaptif harus dibangun dalam komponen fisik dan digital sistem untuk memungkinkan konfigurasi ulang waktu nyata dan penyesuaian untuk berbagai permintaan dan kondisi lingkungan.

Penerapan *smart infrastructure* memiliki alasan tersendiri untuk dapat hadir dalam sebuah perencanaan perkotaan, menurut Bowers, dkk, 2017 terdapat alasan untuk diterapkannya konsep *smart infrastructure*, yaitu:

1. *Smart infrastructure* akan mempermudah dinas terkait untuk dapat meningkatkan efisiensi, kapasitas, keandalan dan ketahanan.
2. Lebih bersifat fleksibel, meskipun keuangan terbatas, kelangkaan sumber daya yang dan pasokan lahan yang kurang memadai. Konsep *smart infrastructure* ini akan dapat terus berjalan dan tetap optimal karena menggunakan teknologi.
3. Kinerja infrastruktur akan lebih efisien dan memberikan pelayanan yang lebih baik dari pada infrastruktur yang tradisional.

*Smart Infrastructure* memiliki tingkatan atau tahap dalam perwujudannya. Berikut merupakan tingkatan *smart infrastructure* menurut Royal Academy of Engineering (2012) yaitu sebagai berikut:

1. Tahap Tradisional : yaitu tahap dimana belum adanya sistem yang terintegrasi dengan infrastruktur digital, segala kegiatan infrastruktur masih menggunakan cara yang manual.
2. Tahap Semi Intelligent : yaitu tahap dimana telah adanya komponen infrastruktur yang cerdas yang dapat mengumpulkan data dan mencatat data pengguna.
3. Tahap Intelligent : yaitu tahap lanjutan infrastruktur yang dapat mengumpulkan, memproses dan mengolah data sehingga menjadi suatu informasi yang dapat ditindaklanjuti secara real-time.
4. Tahap Smart Infrastructure : yaitu tahap dimana semua infrastruktur telah cerdas, dapat mengolah datanya, memberikan informasi dan dapat digunakan untuk mengambil tindakan yang sesuai . Dalam tahap ini semua kegiatan infrastruktur telah memanfaatkan teknologi cerdas.

Dari keempat tahap tersebut dapat diketahui bahwa dalam mewujudkan konsep *smart infrastructure* membutuhkan waktu yang tidak sedikit, pengadaan infrastruktur teknologi yang canggih, memerlukan biaya yang tidak sedikit serta proses perjalanan yang begitu runtut dan panjang. Sehingga dalam perwujudan konsep *smart infrastructure* tidak dapat diwujudkan secara instan dengan waktu yang cepat, karena harus melalui tahapan yang telah ada. Selain itu dalam konsep *smart infrastructure* memiliki nilai lebih tersendiri jika diterapkan, nilai tersebut terbagi menjadi sepuluh nilai menurut Ogie, dkk, 2017, yaitu:

- a. Pemantauan diri dan akurasi dalam pengambilan keputusan; hal ini melibatkan kemampuan untuk dapat memonitoring atau memantau sendiri keperluan (listrik, air, dsb) dan penggunaan untuk meningkatkan akurasi dan ketepatan waktu pengambilan keputusan.
- b. Efisiensi dan penghematan biaya
- c. Keandalan; meminimalisir kegagalan, gangguan dan meminimalkan waktu henti.

- d. Keamanan, keselamatan dan ketahanan; berkaitan dengan pemeliharaan proses dan desain adaptif yang menjaga infrastruktur dan penggunaannya tetap aman, terlindungi dan tahan terhadap bahaya dari manusia dan alam.
- e. Interaksi dan pemberdayaan pengguna; ini melibatkan peningkatan pengalaman pengguna dan penyediaan layanan yang adaptif dengan perubahan kebutuhan konsumen.
- f. Keberlanjutan; yaitu melibatkan pengoptimalan pengambilan keputusan untuk memastikan penggunaan sumber daya yang berkelanjutan.
- g. Minimisasi redundan; ini melibatkan mengenai meminimalkan komponen redundan dalam sistem, sehingga menghemat biaya energi dan membuat lebih banyak sumber daya tersedia untuk tujuan penting lainnya.
- h. Waktu respons; yaitu melibatkan deteksi dini dan respon terhadap peristiwa penting waktu seperti kegagalan, ancaman eksternal, dan pemeliharaan preventif yang mendesak.
- i. Jejak karbondioksida yang rendah; dapat meminimalisir emisi gas rumah kaca dan konsumsi energi.
- j. Kualitas layanan; peningkatan kualitas dan jangkauan layanan yang disediakan oleh infrastruktur untuk mencapai kualitas hidup, hasil sosial dan produktivitas ekonomi yang lebih baik.

*smart infrastructure* memiliki berbagai aspek di dalamnya yang mendukung suatu infrastruktur dapat menjadi cerdas. Berikut merupakan penjabaran dari aspek yang ada di dalam *smart infrastructure*:

a. *Smart Health*

Pada *smart health* lebih berfokus pada pencegahan, mempermudah akses untuk mendapatkan fasilitas kesehatan serta lebih memberikan solusi perawatan kesehatan yang dipersonalisasi.

b. *Smart Digital Infrastructure*

Pada *smart digital* digunakan untuk membantu memonitoring parameter yang berbeda dari masing-masing kota, yaitu dengan menganalisa data yang telah dikumpulkan.

c. *Smart Building*

Dari aspek ini dimaksudkan untuk memberikan tingkat kenyamanan kepada para pengguna, yaitu dengan mengoptimalkan penggunaan utilitas.

d. *Smart Mobility*

Mobilitas yang cerdas ini berfokuskan kepada memberikan pengoptimalan kondisi lalu lintas, memberikan solusi lalulintas yang sesuai dengan keadaan di lapangan dan mengurangi jejak lingkungan.

e. *Smart Energy*

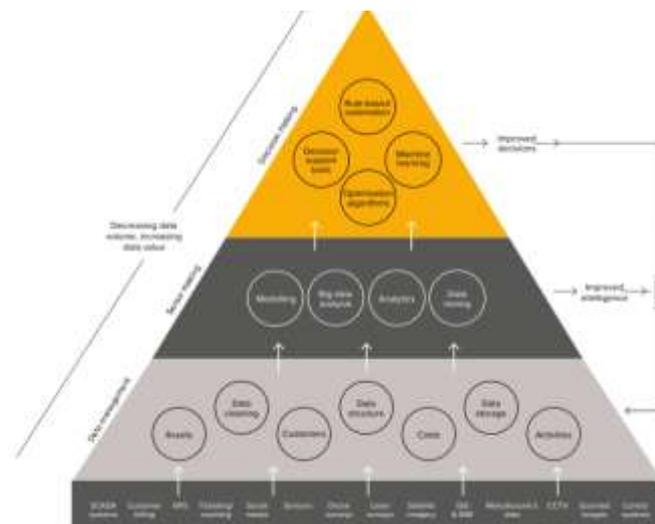
Pengadaan energi cerdas ini memberikan inovasi pada pengoptimalan energi yang didistribusikan dan penggunaan dengan mengaktifkan pemantauan energi berbasis komunitas.

f. *Smart Water*

Air cerdas atau *smart water* memberikan inovasi dengan mengurangi biaya dan kebocoran, yaitu dengan meningkatkan keandalan dan transparansi distribusi air.

g. *Smart Waste Management*

Sistem persampahan cerdas lebih memberikan fokus kepada meningkatkan efisiensi pada pengumpulan, pengambilan, pemisahan limbah, penggunaan kembali dan daur ulang sampah yang ada. Berikut merupakan gambaran dari sistem *smart infrastructure* hingga menghasilkan keputusan.

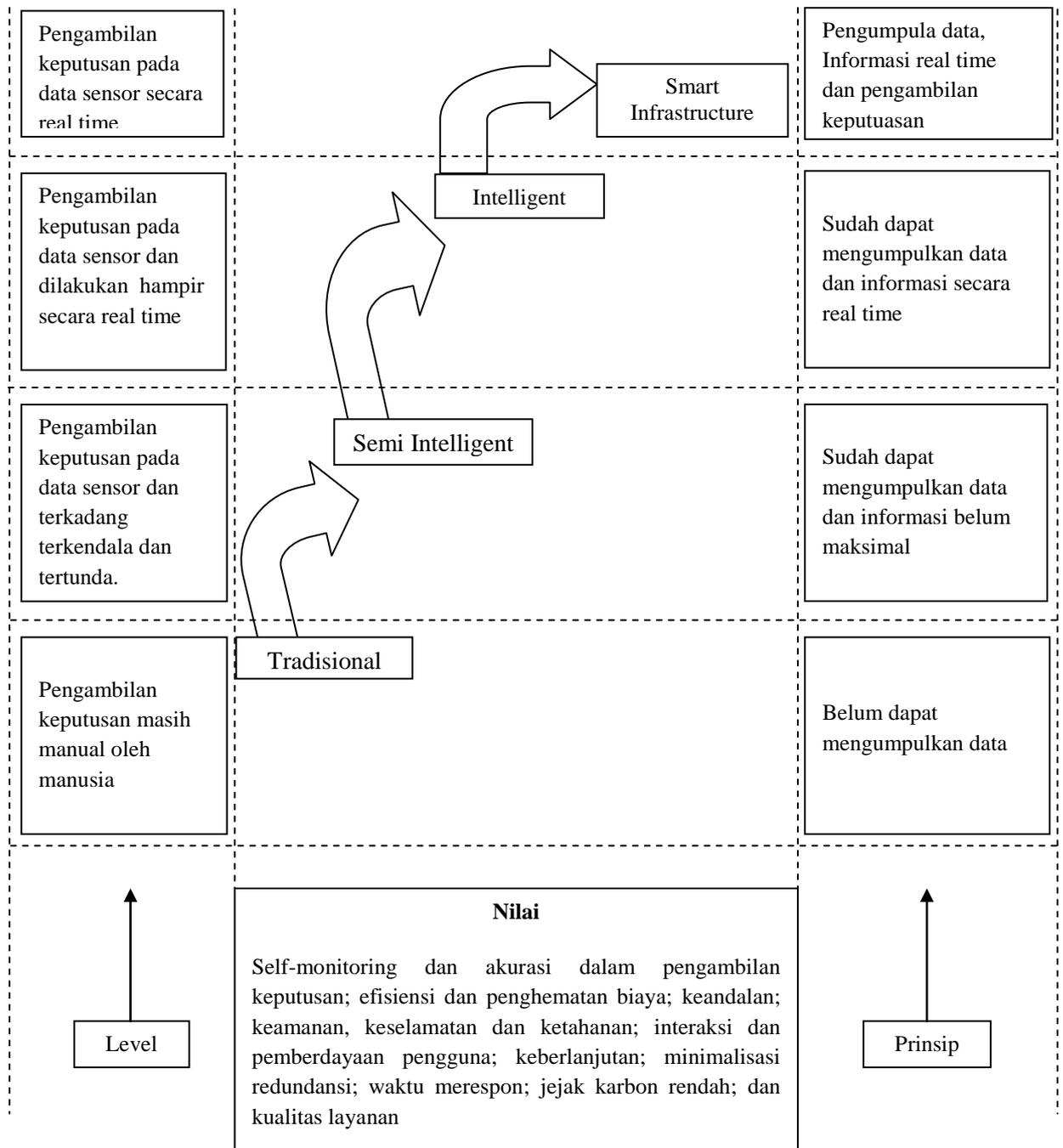


Sumber: *Smart Infrastructure Getting More from Strategic Assets*, 2017

**Gambar 2. 4 Skema Konsep Smart Infrastructure**

Skema konsep *smart infrastructure* yang ada pada gambar di atas, menjelaskan bagaimana sistem dari *smart infrastructure* dapat menjalankan

perintah dari mulai mengumpulkan data hingga dapat menemukan suatu keputusan. Diawali dengan teknologi yang digunakan untuk dapat menghasilkan data yaitu seperti SCADA, *customer billing*, GPS, sensor, GIS & BIM, *satellite imagery*, dan sebagainya. Dari berbagai teknologi tersebut data yang didapatkan akan dikumpulkan dalam bentuk *assets*, data cleaning, struktur data, dan sebagainya. Lalu setelah itu akan diproses kembali untuk menghasilkan sebuah informasi yang dihasilkan melalui modeling, big data, analisis, pengembangan data. Pada tahap ini, jika dirasa informasi yang diberikan kurang tepat maka akan dilakukan perbaikan dan pengembangan pada sistem alat pengumpul data. Setelah itu dapat dibuat suatu keputusan yang dapat digunakan untuk mengambil tindakan, pengambilan keputusan ini dapat menggunakan sistem *machine learning*, algoritma, dan perangkat IoT lainnya.



Sumber: Ogie dkk, 2017

**Gambar 2. 5 Bagan Level, Nilai dan Prinsip Smart Infrastructure**

Berikut merupakan bagan dari level, nilai dan prinsip dari *smart infrastructure* pada setiap tahapannya. Mulai dari pengambilan keputusan secara manual, hingga dapat mengambil keputusan dalam waktu yang real time menggunakan teknologi dengan bantuan sensor sebagai pengumpul dan pemberi data dan informasi.

### 2.2.1 *Smart Water System*

Sistem pengelolaan air cerdas dapat memberikan sistem air yang tangguh dan lebih efisien serta dapat mengurangi biaya dan mengedepankan keberlanjutan (*sustainable*). Teknologi yang dapat digunakan untuk sistem pengelolaan air cerdas dapat berupa pengukuran dan sensor digital, sistem kontrol dan pengawasan dan akuisisi data (SCADA) serta sistem informasi geografis (GIS). Teknologi cerdas dapat mengubah sistem air bersih dan sistem air limbah yang masih tradisional menjadi sistem yang berinstrumen, saling berhubungan dan cerdas. Maksud dari berinstrumen adalah kemampuan untuk mendeteksi, merasakan, mengukur dan merekam data. Sedangkan saling berhubungan dimaksudkan sebagai kemampuan untuk saling berkomunikasi antara operator dan manajerial sistem. Lalu cerdas yaitu kemampuan teknologi yang dapat menganalisis situasi, mengaktifkan tanggapan cepat dan mengoptimalkan solusi dalam pemecahan suatu masalah. Secara umum, teknologi yang digunakan dalam pengelolaan *smart water* terdiri atas empat komponen, yaitu:

**Tabel II. 1 Teknologi *Smart Water System***

No	Komponen	Tujuan	Contoh Aplikasi
1	Instrumen Keluaran Digital	Untuk mengumpulkan dan mengirimkan informasi secara real time	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat pengukur hujan, pengukur aliran, pemantauan kualitas air dan data lingkungan lain.</li> <li>• Perangkat akustik untuk mendeteksi kebocoran secara update</li> <li>• Kamera video untuk manajemen aset</li> <li>• Pengukur air cerdas untuk mengukur tingkat konsumsi air bersih</li> <li>• Pemantauan tekanan untuk mendeteksi kebocoran dan optimalisasi pompa.</li> </ul>
2	Sistem pengendali pengawasan dan akuisisi data (SCADA)	Untuk memproses informasi dan mengoperasikan serta pengoptimalan sistem dari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manajemen tekanan</li> <li>• Optimasi stasiun pompa</li> <li>• Kontrol instalasi pengolahan air</li> </ul>

No	Komponen	Tujuan	Contoh Aplikasi
		jarak jauh	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrol pabrik pengolahan limbah</li> <li>• Kontrol lingkungan, waduk, aliran dan lain-lain.</li> </ul>
3	Sistem informasi geografis (SIG)	Untuk menyimpan, mengelola, memanipulasi dan menganalisis informasi spasial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemetaan aset dan manajemen aset</li> <li>• Model jaringan terintegrasi penuh</li> <li>• Analisis dan pengelolaan data lingkungan</li> </ul>
4	Perangkat lunak	<p>Untuk menyimpan, menggunakan dan melaporkan data.</p> <p>Untuk pemodelan infrastruktur dan sistem lingkungan untuk meningkatkan desain, pengambilan keputusan dan manajemen resiko.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terintegrasi dengan GIS dan SCADA untuk mengelola jaringan air, mengontrol tekanan, memantau kebocoran dan lain-lain.</li> <li>• Basis data pelanggan</li> <li>• Pengukuran cerdas, penagihan dan pengumpulan</li> <li>• Desain dan pengoptimalan hidrolis</li> <li>• Sumber daya air dan permodelan hidrologi untuk ketahanan air</li> <li>• Manajemen data berbasis cloud dan opsi hosting</li> </ul>

Sumber: Asian Development Bank, 2018

### 2.2.2 Smart Energy System

Perencanaan energi yang mengarah pada kota cerdas, merupakan solusi perkotaan yang memerlukan energi kedalam integrasi dari desain tata ruang dan perencanaan kota. Dalam hal ini kota yang ada, memiliki berbagai disiplin ilmu memerlukan pendekatan perencanaan tata ruang dan perencanaan yang membutuhkan mobilitas, desain, sistem energi dan desain infrastruktur serta evaluasi dampak ekologis. Konsep sistem energi cerdas diperkenalkan dalam rangka untuk mengidentifikasi potensi sinergi antara sub-sektor. Sistem energi

cerdas mencakup seluruh sistem energi yang ada untuk mengenali infrastruktur energi yang cocok.

Menurut Lund, dkk (2017) menyebutkan bahwa *smart energy system* merupakan suatu pendekatan dimana energi menggunakan listrik cerdas, panas bumi dan gas yang dikombinasikan dengan teknologi dan dikoordinasikan untuk mengidentifikasi sinergi antara ketiganya dalam rangka mencapai sebuah solusi yang optimal bagi masing-masing individu serta untuk sektor sistem energi secara keseluruhan.

### **2.2.3 Smart Waste System**

Menurut Hermawan, dkk (2019) *smart waste system* merupakan suatu sistem yang menggunakan alat IoT yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah persampahan di perkotaan. Pendeteksian sampah dapat dilihat dari sistem tersebut, seperti pendeteksian tempat sampah yang kosong, tempat sampah yang terisi penuh sehingga mobil pengangkut sampah tidak perlu lagi berkeliling dan mencari dimana tempat sampah yang berisi penuh, sehingga proses pengangkutan sampah dapat lebih efisien. Bukan hanya di tempat sampah biasa, alat ini dapat digunakan di tempat penampungan sampah, sehingga bila sampah penuh, maka sensor akan mengirimkan sinyal kepada dinas terkait untuk mengambil kebijakan untuk mengatasi hal tersebut dengan lebih cepat dibandingkan dengan cara tradisional.

### **2.2.4 Smart Wastewater System**

*Smart wastewater system* atau sistem pengelolaan air limbah cerdas merupakan pengelolaan air limbah yang dilakukan secara cerdas menggunakan teknologi yang dapat mengoptimalkan pengoperasian air limbah dan kinerja sanitasi agar tercipta sanitasi yang sehat dan dapat diandalkan serta berkelanjutan. Penggunaan teknologi IoT pada pengolahan air limbah seperti penggunaan sensor yang dapat mendeteksi kondisi air limbah serta dapat menjangkau banyak pengguna kapan saja menggunakan aplikasi dan web. Penerapan *smart wastewater* juga dapat memberikan manfaat berupa air hasil pengolahan air limbah yang kotor dapat menjadi bersih dan dapat digunakan sebagai penyiram

tanaman, menyiram toilet, mencuci kendaraan, pembersih rumah dan sebagai siram pemadam kebakaran. Dalam beberapa kondisi yang menggunakan teknologi tinggi dalam pengolahan air limbah, air hasil pengolahan limbah dapat dijadikan sebagai air siap minum pengganti air bersih.

### **2.2.5 Smart Drainage System**

*Smart drainage* merupakan konsep pengembangan drainase cerdas yang sistemnya menggunakan teknologi IoT sebagai penggerak utama. Sistem ini menggunakan sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi gas, tingkat air dan deteksi penyumbatan yang terjadi di jaringan drainase tersebut secara real time, dengan menggunakan sistem tersebut maka dengan mudah dapat mengambil tindakan dari suatu masalah (Sonawane, dkk, 2018).

Menurut Narale, dkk (2018), mengatakan bahwa sistem drainase bawah tanah merupakan komponen yang penting dari suatu infrastruktur perkotaan, dan sistem drainase dianggap sebagai garis kehidupan kota. Alasan dari perlunya pengembangan *smart drainage* yaitu bertujuan untuk:

- a. Menjadikan sistem penyumbatan drainase menjadi prediktif, yaitu dengan menggunakan sistem sensor dan sistem prediksi, sehingga dapat mengidentifikasi tempat saluran drainase yang tersumbat dan dapat dengan cepat untuk dilakukan tindakan.
- b. Sistem yang terkoneksi, yaitu semua sensor dari sistem dapat terkoneksi dan dapat dikomunikasikan melalui modul komunikasi untuk berbagai informasi.
- c. Menjaga kota agar tetap bersih, aman dan sehat.
- d. Mencegah terjadinya keracunan pekerja yang membenahi drainase karena kebocoran gas.

### **2.2.6 Smart Telecommunication System**

Sistem manajemen telekomunikasi menurut Raman (2019) memiliki tujuan untuk mencakup permodelan, analisis, desain dan manajemen sistem telekomunikasi. Sistem manajemen telekomunikasi digunakan untuk mengidentifikasi dan mengeksplorasi masalah dari manajemen mobilitas dan keamanan jaringan seluler. Ditambah adanya penerapan *smart telecommunication*,

maka pengidentifikasian tersebut dapat dengan mudah dilakukan dengan bantuan teknologi IoT dan dengan mudah dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi.

## 2.4 Sintesa Literatur

Pada sub bab ini akan dipaparkan mengenai sintesa literatur yang digunakan sebagai landasan penelitian. Hasil sintesa literatur ini digunakan sebagai alat untuk menemukan variabel penelitian yang berkaitan dengan sasaran yang telah dirumuskan. Berikut ini merupakan tabel dari sintesa literatur yang digunakan:

**Tabel II. 2 Sintesa Literatur**

Literatur	Sumber	Teori	Variabel/Fokus	Output
Pembangunan prasarana perkotaan di Indonesia	Diwiryono, 1996	Komponen prasarana perkotaan	a. Air bersih b. Kelistrikan c. Air Limbah d. Persampahan e. Drainase f. Telekomunikasi	Teridentifikasinya konsep <i>smart infrastructure</i> pada aspek prasarana perkotaan.
<i>Smart Infrastructure: The Future</i>	Royal Academy of Engineering (2012) dalam Ogie dkk (2017)	Tahapan <i>Smart Infrastructure</i>	1. Tahap Tradisional 2. Tahap Semi Intelligent 3. Tahap Intelligent 4. Tahap Smart Infrastructure	Teridentifikasinya tahapan <i>smart infrastructure</i> pada aspek prasarana perkotaan di Kota Bandar Lampung

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2020