



Strategi Implementasi Smart Environment pada Permukiman Kumuh di Tengah Kota

Studi Kasus: Koridor Kanal Kelurahan Sinrijala, Kecamatan Panakukang, Kota Makassar

Smart Environment Implementation Strategy in Slum Settlements in the City Center

Case Study: Sinrijala Urban Village Canal Corridor, Panakukang District, Makassar City

Wiyanda Dwi Rahayu¹, Syafri², Sudirman³

¹ Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Bosowa, Makassar

² Program Pascasarjana Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Bosowa, Makassar

³ Teknik Informatika, Universitas Bosowa

wiyandadwirahayu@gmail.com

Artikel info

Artikel history:

Diterima; 24-03-2025

Direvisi; 29-03-2025

Disetujui; 30-03-2025

Abstract. *This research aims to analyze the factors that cause the development of slum settlements in the canal corridors of Sinrijala Village and formulate strategies for implementing smart environments in slum settlement areas in the canal corridors of Sinrijala Village. The research method used is Qualitative Descriptive Analysis carried out by interviews and field observations. Apart from that, in this research there are 4 (four) variables including land use, waste, water and sanitation. The implementation of the smart environment concept is part of the smart city grand strategy that aims to utilize information technology to facilitate people's lives. In Sinrijala Urban Village, the implementation of smart environment covers various complex aspects, such as population density, unemployment rate, and other socio-economic aspects. The main objective of implementing this concept is to encourage the progress of the urban village area in the middle of the city by realizing a clean environment, inclusive leadership, good bureaucratic services, and sustainable development supported by economic stability, quality of human resources, technological and information advances, and regional excellence.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan berkembangnya permukiman kumuh pada koridor kanal Kelurahan Sinrijala dan merumuskan strategi implementasi smart environment pada Kawasan permukiman kumuh yang ada pada koridor kanal Kelurahan Sinrijala. Metode penelitian yang digunakan yaitu Analisis Deskriptif Kualitatif yang dilakukan dengan wawancara dan observasi lapangan. Selain itu pada penelitian ini terdapat 4 (empat) variable diantaranya yaitu penggunaan lahan, persampahan, air, dan sanitasi. Penerapan konsep smart environment merupakan bagian dari strategi besar smart city yang bertujuan untuk memanfaatkan teknologi informasi dalam memudahkan kehidupan masyarakat. Di Kelurahan Sinrijala, implementasi smart environment mencakup berbagai aspek kompleks, seperti kepadatan

penduduk, tingkat pengangguran, dan aspek sosial ekonomi lainnya. Tujuan utama dari penerapan konsep ini adalah untuk mendorong kemajuan wilayah kelurahan yang berada di tengah kota dengan mewujudkan lingkungan yang bersih, kepemimpinan yang inklusif, pelayanan birokrasi yang baik, serta pembangunan berkelanjutan yang didukung oleh stabilitas ekonomi, kualitas sumber daya manusia, kemajuan teknologi dan informasi, serta keunggulan kawasan.

Keywords:

Smart City;
Smart Environment;
Permukiman;
Permukiman Kumuh.

Corresponden author:

Email: wiyandadwiraahayu@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

1. PENDAHULUAN

Pembangunan kota berkelanjutan merupakan upaya yang berfokus pada keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, keadilan sosial, dan perlindungan lingkungan hidup. Dalam konteks ini, konsep smart city atau kota cerdas mulai menjadi paradigma global dalam menghadapi kompleksitas urbanisasi. Smart city adalah pendekatan integratif yang memanfaatkan teknologi dan inovasi untuk mengelola berbagai sektor kota secara efisien, termasuk dalam hal pengelolaan lingkungan yang dikenal sebagai smart environment (Ahvenniemi et al., 2022). Smart environment merupakan salah satu pilar utama dari smart city yang menekankan pada pengelolaan lingkungan berbasis teknologi dan data untuk mewujudkan sistem tata kelola yang berkelanjutan dan bertanggung jawab.

Fenomena urbanisasi yang tidak terkendali sering kali berdampak pada munculnya kawasan permukiman kumuh, terutama di kota-kota besar di negara berkembang, termasuk Indonesia. Kawasan ini biasanya ditandai dengan kepadatan tinggi, infrastruktur dasar yang tidak memadai, serta degradasi lingkungan yang signifikan (Setyowati et al., 2021). Kota Makassar sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia mengalami tantangan serupa. Dengan luas wilayah sekitar 199,26 km² dan jumlah penduduk mencapai lebih dari 1,6 juta jiwa, tekanan terhadap lahan dan lingkungan perkotaan semakin meningkat.

Salah satu kawasan yang mencerminkan kondisi ini adalah Kelurahan Sinrijala di Kecamatan Panakukang. Koridor kanal di wilayah ini menjadi simbol permasalahan lingkungan yang kompleks akibat pembuangan air limbah domestik secara langsung ke kanal tanpa sistem pengolahan. Kondisi ini menimbulkan degradasi kualitas lingkungan yang berdampak pada kesehatan masyarakat dan kualitas hidup secara umum. Degradasi lingkungan tersebut merupakan indikasi lemahnya sistem tata kelola lingkungan perkotaan, terutama pada wilayah-wilayah permukiman kumuh yang berada di tengah kota (Rahman et al., 2020).

Urgensi dari penelitian ini terletak pada pentingnya pengembangan strategi implementasi smart environment yang sesuai dengan konteks lokal, terutama pada wilayah padat dan terdegradasi. Inovasi berbasis teknologi tidak hanya harus relevan secara teknis, tetapi juga adaptif terhadap kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat setempat (Albino et al., 2021). Selain itu, integrasi antara teknologi lingkungan dengan partisipasi komunitas lokal terbukti menjadi pendekatan yang efektif dalam pengelolaan lingkungan kawasan kumuh (Mora et al., 2022).

State of the art dari penelitian ini terletak pada integrasi pendekatan smart environment dengan karakteristik kawasan permukiman kumuh di wilayah kanal, yang belum banyak dieksplorasi secara mendalam dalam studi sebelumnya. Penelitian-penelitian terdahulu cenderung fokus pada aspek teknologi dan infrastruktur tanpa memperhatikan konteks spasial-sosial kawasan kumuh di tengah kota. Dengan melakukan studi kasus di Kelurahan Sinrijala, penelitian ini berupaya menghadirkan model strategi yang implementatif dan kontekstual dalam rangka mengurangi degradasi lingkungan dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Permasalahan permukiman kumuh di tengah kota merupakan tantangan kompleks yang tidak hanya berkaitan dengan aspek fisik, tetapi juga sosial, ekonomi, dan lingkungan. Di kawasan kanal Kelurahan Sinrijala, kondisi lingkungan yang buruk akibat pembuangan limbah langsung ke saluran air menyebabkan penurunan kualitas hidup dan potensi penyebaran penyakit. Strategi pengelolaan lingkungan cerdas sangat dibutuhkan untuk menciptakan perubahan yang terukur dan berkelanjutan di kawasan ini.

Kondisi permukiman di sepanjang koridor kanal menunjukkan rendahnya akses terhadap layanan dasar seperti sanitasi, pengelolaan sampah, dan air bersih. Upaya revitalisasi lingkungan belum maksimal karena kurangnya pendekatan berbasis data dan teknologi. Oleh karena itu, implementasi konsep smart environment

menjadi langkah strategis dalam menciptakan tata kelola lingkungan yang inklusif dengan melibatkan masyarakat, teknologi, serta kebijakan yang adaptif terhadap kebutuhan wilayah kumuh perkotaan.

Penelitian ini memiliki kontribusi ilmiah dalam membangun kerangka strategi implementasi smart environment yang berbasis konteks lokal dan partisipatif. Dengan pendekatan studi kasus, penelitian ini akan mengidentifikasi elemen-elemen kunci keberhasilan penerapan smart environment, seperti integrasi sistem informasi lingkungan, peran masyarakat, serta perencanaan ruang yang responsif. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi kota-kota lain dalam menerapkan strategi serupa di kawasan kumuh perkotaan.

Dengan demikian, penelitian ini menjadi penting sebagai upaya untuk merancang strategi implementasi smart environment berbasis kebutuhan lokal, sekaligus mendukung visi pembangunan kota berkelanjutan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi baik secara teoritis maupun praktis dalam pengembangan kawasan kumuh menjadi bagian dari kota cerdas yang inklusif dan berdaya saing.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Provinsi Sulawesi Selatan, tepatnya di Kota Makassar, Kecamatan Panakukang, Kelurahan Sinrijala. Kawasan ini merupakan salah satu wilayah padat penduduk yang terletak di tengah kota, dan dilintasi oleh kanal yang berfungsi sebagai drainase utama. Secara administratif, Kelurahan Sinrijala memiliki luas sekitar 17 hektare dan terbagi dalam beberapa Rukun Warga (RW), yang sebagian besar bermukim di sepanjang koridor kanal. Kondisi fisik lingkungan di kawasan ini memperlihatkan keterbatasan dalam akses infrastruktur dasar, seperti sanitasi dan sistem pengelolaan air limbah.

Pemilihan Kelurahan Sinrijala sebagai lokasi penelitian didasarkan pada tingkat kerentanannya terhadap degradasi lingkungan akibat permukiman yang tumbuh tidak terencana dan berdampingan langsung dengan badan air. Kanal yang seharusnya berfungsi sebagai saluran drainase justru menjadi tempat pembuangan limbah rumah tangga, sehingga memperburuk kualitas lingkungan. Kawasan ini mencerminkan realitas tantangan urbanisasi di kota-kota besar Indonesia, khususnya dalam konteks pengelolaan lingkungan pada kawasan kumuh di tengah kota. Oleh karena itu, lokasi ini sangat relevan untuk mengkaji strategi implementasi smart environment sebagai upaya transformasi kawasan menjadi lebih berkelanjutan dan layak huni.

2.2. Jenis Dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data kualitatif dan kuantitatif yang saling melengkapi dalam memahami kompleksitas persoalan lingkungan di kawasan permukiman kumuh. Data kualitatif mencakup informasi deskriptif yang diperoleh melalui observasi langsung, wawancara mendalam, serta telaah terhadap dokumen kebijakan ruang dan lingkungan yang berlaku. Data ini penting untuk menangkap perspektif subjektif dan konteks sosial yang tidak dapat diungkap melalui angka semata. Misalnya, wawancara dengan warga dan pemangku kepentingan dapat membantu mengidentifikasi persepsi, praktik lokal, dan hambatan implementasi kebijakan lingkungan.

Sementara itu, data kuantitatif digunakan untuk memberikan gambaran empiris melalui indikator terukur, seperti kepadatan bangunan, jumlah timbulan sampah, kebutuhan air bersih, dan cakupan sanitasi. Data numerik ini penting untuk mendukung perumusan strategi berbasis bukti yang dapat dipantau dan dievaluasi secara objektif. Kombinasi keduanya menghasilkan pendekatan holistik dalam penyusunan strategi smart environment. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi data kualitatif dan kuantitatif dapat meningkatkan akurasi dalam pengambilan keputusan tata kelola lingkungan di kawasan perkotaan (Li et al., 2021; Silva & Serafim, 2022). Pendekatan ini juga dianggap efektif dalam mendukung kebijakan pembangunan berkelanjutan di wilayah dengan karakter sosial dan fisik yang kompleks.

Keterpaduan antara data kualitatif dan kuantitatif menjadi krusial dalam merancang strategi implementasi smart environment yang kontekstual dan aplikatif. Data kuantitatif memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola spasial dan statistik mengenai kondisi fisik lingkungan, seperti kepadatan penduduk dan luas lahan terbangun, yang menjadi indikator tekanan terhadap lingkungan. Di sisi lain, data kualitatif berperan dalam menangkap realitas sosial yang sering tidak terwakili oleh data statistik, seperti kebiasaan warga dalam membuang limbah atau respons terhadap kebijakan lingkungan. Studi oleh Karimi & Hashemkhani Zolfani (2021) menegaskan bahwa pendekatan mixed-methods sangat penting dalam perencanaan kota cerdas, karena dapat menjembatani kesenjangan antara perencanaan teknis dan kebutuhan sosial masyarakat lokal.

2.3. Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis deskriptif kualitatif untuk memahami secara mendalam kondisi permukiman kumuh di Kelurahan Sinrijala, Kecamatan Panakukang, Kota Makassar. Pendekatan ini

dipilih karena mampu mengakomodasi kompleksitas dinamika sosial dan lingkungan yang khas di kawasan kumuh, serta memberikan ruang interpretatif dalam menggali realitas lapangan secara menyeluruh. Menurut Bradshaw et al. (2021), pendekatan deskriptif kualitatif sangat sesuai dalam mengungkap fenomena kontekstual yang belum sepenuhnya dipahami, terutama dalam isu-isu urban seperti ketimpangan lingkungan dan akses terhadap infrastruktur dasar. Dengan menggunakan metode ini, penelitian dapat menggambarkan kondisi aktual serta menelaah hubungan antar variabel yang berkontribusi terhadap rendahnya kualitas lingkungan permukiman kumuh.

Pemilihan metode ini juga memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi berbagai faktor penyebab dan implikasi dari kondisi lingkungan yang tidak sehat melalui narasi yang kaya dan mendalam. Dalam konteks perencanaan kota cerdas (smart city), pemahaman yang berbasis pada data kualitatif sangat penting untuk merancang intervensi yang relevan dan berkelanjutan (Zhang et al., 2023). Selain itu, metode deskriptif kualitatif mampu menangkap dimensi sosial dan budaya dari masyarakat lokal, termasuk persepsi, partisipasi, dan praktik sehari-hari yang mempengaruhi keberhasilan implementasi program smart environment. Dalam analisis ini, digunakan lima variabel utama yang disesuaikan dari konsep smart environment, yakni penggunaan lahan, persampahan, air, sanitasi, dan pengelolaan limbah domestik. Variabel-variabel ini dipilih karena memiliki keterkaitan langsung dengan kualitas lingkungan fisik dan kesehatan masyarakat di kawasan perkotaan. Setiap variabel mewakili aspek penting dari lingkungan binaan yang memengaruhi daya dukung ekologis permukiman. Penggunaan variabel yang terfokus ini sejalan dengan temuan Lin et al. (2021) yang menyatakan bahwa pengurangan kompleksitas indikator dalam studi smart environment dapat meningkatkan fokus analitis dan ketepatan rekomendasi kebijakan.

Variabel penggunaan lahan, misalnya, mencakup parameter ketersediaan ruang terbuka hijau, kepadatan penduduk, dan kepadatan bangunan. Ketiga parameter ini menunjukkan sejauh mana ruang fisik di kawasan kumuh masih memiliki kapasitas ekologis dan sosial untuk mendukung kehidupan yang sehat dan berkelanjutan. Studi oleh Rahman et al. (2022) menekankan bahwa ketersediaan ruang terbuka hijau yang memadai sangat berkorelasi dengan kesejahteraan mental dan fisik masyarakat perkotaan. Kepadatan yang tinggi tanpa disertai infrastruktur pendukung berkontribusi terhadap peningkatan risiko bencana lingkungan, seperti banjir dan penyebaran penyakit berbasis lingkungan.

Variabel persampahan dianalisis melalui jumlah dan sebaran tempat sampah serta sistem pengangkutan sampah yang ada. Dalam kawasan kumuh, persoalan persampahan sering kali menjadi titik kritis dalam menjaga kualitas lingkungan. Pengelolaan sampah yang tidak efektif menyebabkan akumulasi limbah padat yang mencemari air, tanah, dan udara. Menurut Chen et al. (2023), implementasi sistem pengelolaan sampah berbasis teknologi dan partisipasi warga secara signifikan dapat meningkatkan kebersihan lingkungan dan efisiensi operasional, khususnya di kawasan berpenghasilan rendah. Selanjutnya, kondisi air bersih merupakan parameter penting dalam variabel air. Air bersih yang layak konsumsi adalah indikator vital dari lingkungan sehat. Akses terhadap air bersih tidak hanya berdampak langsung terhadap kesehatan, tetapi juga merupakan hak dasar yang harus dipenuhi oleh pemerintah daerah. Penelitian oleh Li & Wang (2022) menunjukkan bahwa kesenjangan akses air bersih di kawasan perkotaan menunjukkan adanya ketidakadilan spasial yang perlu diselesaikan dengan kebijakan terintegrasi berbasis spasial dan sosial.

Variabel sanitasi dikaji melalui parameter kepemilikan jamban oleh warga. Sanitasi yang buruk telah terbukti menjadi penyebab utama penyebaran penyakit di kawasan perkotaan padat penduduk. Di kawasan kumuh, praktik buang air besar sembarangan masih menjadi permasalahan yang mengakar. Studi oleh Silva et al. (2023) menekankan bahwa peningkatan fasilitas sanitasi melalui kolaborasi antara pemerintah, LSM, dan komunitas lokal secara signifikan dapat mengurangi angka penyakit berbasis air serta meningkatkan kualitas hidup secara umum. Terakhir, pengelolaan limbah domestik menjadi variabel kunci dalam mengukur kesiapan kawasan kumuh untuk bertransformasi menjadi lingkungan yang cerdas dan berkelanjutan. Limbah domestik yang tidak dikelola dengan baik berpotensi mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat. Sebagaimana dijelaskan oleh Kumar & Joshi (2021), pengembangan sistem pengelolaan air limbah berbasis komunitas di kawasan padat penduduk mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan lingkungan serta menciptakan kesadaran kolektif terhadap pentingnya perilaku higienis.

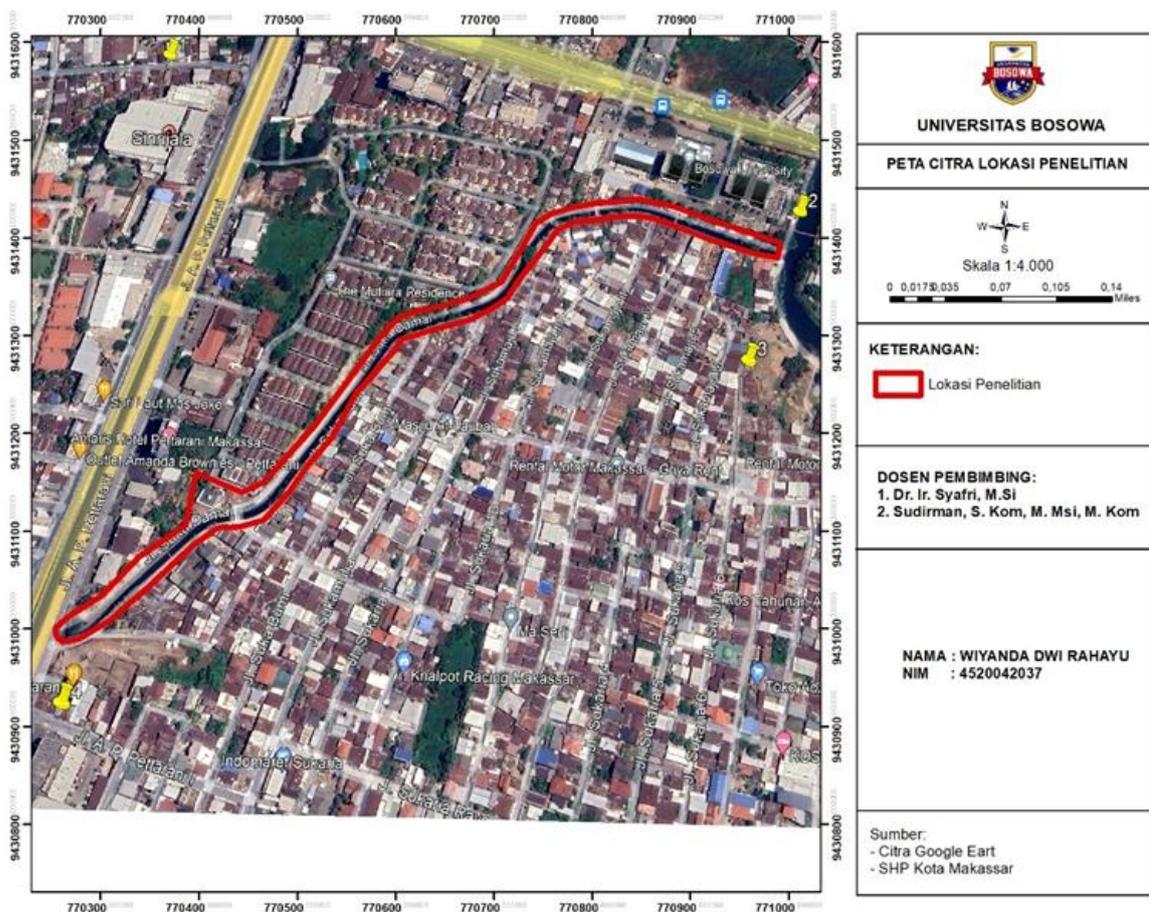
Kelima variabel tersebut tidak dipilih secara acak, tetapi melalui pendekatan konseptual yang berlandaskan pada prinsip-prinsip perencanaan smart environment yang adaptif dan kontekstual. Dengan memahami keterkaitan antara variabel-variabel tersebut dan kondisi aktual lapangan, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap upaya integratif dalam pengentasan permukiman kumuh berbasis data. Hal ini sejalan dengan pendekatan yang diusulkan oleh Tan & Goonetilleke (2024), yang menekankan pentingnya pemetaan indikator lokal dalam mendesain intervensi kebijakan smart city di negara berkembang. Secara keseluruhan, penggunaan metode deskriptif kualitatif yang berpadu dengan analisis mendalam terhadap variabel-variabel lingkungan ini

memperkaya kajian urban planning dalam konteks kawasan kumuh. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memetakan kondisi eksisting, tetapi juga menyusun arah kebijakan yang berbasis pada pemahaman lokal, partisipatif, dan transformatif. Dengan demikian, analisis yang digunakan dalam penelitian ini mampu menjawab rumusan masalah secara substantif sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengembangan perencanaan kota yang lebih inklusif dan adaptif terhadap tantangan lingkungan kontemporer.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kelurahan Sinrijala terletak di wilayah administratif Kecamatan Panakukang, Kota Makassar, dan dikategorikan sebagai Kelurahan Swasembada yang mencerminkan karakteristik kelurahan (desa) di kawasan perkotaan. Wilayah ini mencerminkan dinamika sosial dan fisik khas perkotaan dengan tingkat kepadatan yang relatif tinggi serta keberagaman fungsi lahan yang saling berdampingan. Secara administratif, Kelurahan Sinrijala terdiri atas 5 Rukun Warga (RW) dan 15 Rukun Tetangga (RT), yang menjadi struktur pemerintahan terkecil dan memiliki peran penting dalam pengelolaan sosial dan pelayanan dasar masyarakat. Luas wilayah Kelurahan Sinrijala mencapai 17,00 hektar, dengan batas-batas wilayah administrasi yang jelas, yakni berbatasan langsung di sebelah utara dengan Kelurahan Karuwisi Utara, di sebelah selatan dengan Kelurahan Tamamaung, di sebelah timur dengan Kelurahan Karampuang, dan di sebelah barat berbatasan dengan wilayah Kecamatan Makassar. Letak geografis dan batas administratif ini menjadikan Kelurahan Sinrijala berada pada posisi strategis di tengah kawasan perkotaan Makassar, yang berpotensi mengalami tekanan urbanisasi dan alih fungsi lahan, sehingga menuntut pengelolaan lingkungan permukiman yang adaptif dan berkelanjutan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3.2. Deskripsi Kawasan Kumuh Kelurahan Sinrijala

Penduduk yang menghuni kawasan permukiman kumuh di Kelurahan Sinrijala umumnya berasal dari kelompok masyarakat migran yang memiliki latar belakang ekonomi menengah ke bawah. Sebagian besar dari mereka berasal dari daerah-daerah sekitar Kota Makassar seperti Jeneponto, Takalar, dan Gowa. Motif utama perpindahan penduduk ini adalah keterbatasan sumber daya dan lapangan kerja di daerah asal yang tidak mampu memenuhi kebutuhan dasar mereka. Maka dari itu, kota besar seperti Makassar menjadi tujuan utama karena dianggap memiliki lebih banyak peluang ekonomi, meskipun realitas di lapangan sering kali berbanding terbalik.

Lokasi yang menjadi pilihan tempat tinggal para migran umumnya berada di kawasan strategis namun tidak terkelola dengan baik, seperti pusat-pusat perdagangan, wilayah pinggiran kota, serta sepanjang bantaran sungai atau kanal. Kondisi ini menyebabkan peningkatan kepadatan penduduk secara signifikan, yang diiringi dengan beragamnya latar belakang sosial, ekonomi, budaya, serta daerah asal para penghuni. Kehidupan di kawasan tersebut cenderung keras, dan warga harus bekerja keras untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Namun, tidak sedikit dari mereka yang akhirnya tidak memiliki pekerjaan tetap, yang menjadikan mereka semakin terpinggirkan secara sosial dan ekonomi.

Dampak dari kondisi tersebut cukup kompleks, di mana aspek kedisiplinan terhadap lingkungan, kepatuhan terhadap norma hukum dan sosial, serta kepedulian terhadap kebersihan dan kesehatan menjadi hal yang terabaikan. Akibatnya, terjadi penurunan kualitas lingkungan permukiman yang memicu terbentuknya kawasan kumuh secara alami. Selain itu, rendahnya solidaritas sosial dan semangat gotong royong memperparah kondisi sosial masyarakat, sehingga kelompok-kelompok rentan seperti pengangguran, gelandangan, dan pengemis pun bermunculan. Hal ini memperlihatkan bahwa persoalan permukiman kumuh di Kelurahan Sinrijala bukan hanya persoalan fisik dan tata ruang, tetapi juga menyangkut dimensi sosial dan ekonomi yang lebih dalam, yang membutuhkan pendekatan strategis dan integratif dalam pengelolaannya.

3.3. Hasil Wawancara

Wawancara terhadap informan penelitian dilakukan dengan metode wawancara, berupa pertanyaan-pertanyaan yang telah disusun oleh peneliti, berupa pertanyaan-pertanyaan yang telah disusun oleh peneliti, tujuannya agar hasil wawancara yang didapatkan memiliki konteks yang sama. Meskipun dalam wawancara (interview) terdapat beberapa jawaban yang berbeda, akan tetapi konteksnya sama dan mudah untuk diinterpretasikan dan direduksi menjadi satu Kesimpulan penelitian. Berikut dapat dilihat hasil wawancara dengan para narasumber dalam deskripsi penelitian:

a. Narasumber 1 (Ibu Ratina, usia 59 thn)

Sejak tahun 1991, ibu ratina beserta keluarga bermigrasi dari Kepulauan Selayar ke Makassar untuk mencari kehidupan yang lebih layak dan lebih baik di kota. Ibu ratina adalah seorang ibu rumah tangga yang kini bekerja sebagai penjual kue di Kawasan tempat dia menetap. Dan juga di Kota Makassar ibu ratina tinggal Bersama dua anaknya yang juga bekerja sebagai buruh bangunan.

Berdasarkan hasil wawancara (interview) dengan ibu ratina, terkait kondisi lingkungan kumuh, khususnya Kawasan permukiman kumuh ditengah kota, berikut adalah petikan hasil wawancara terkait kondisi lingkungan kumuh tersebut:

“...sejak saya datang ke Makassar lalu memang sudah seperti ini kondisi lingkungannya, yang paling menonjol disini itu kanalnya yang sangat-sangat kotor. Itu kalo lagi musim kemarau baunya menyengat sekali karna airnya tidak mengalir. Sebenarnya ini kanal juga biasa tempatnya buang sampah sama warga yang di atas rumahnya jadi sampah-sampahnya itu kita mi yang kena imbasnya. Ada juga warga sini yang biasa tidak punya kesadaran jadi biasa juga buang sampahnya di kanal itu mi na banyak sampah plastik. Harapanku semoga pemerintah na perhatikan ki juga disini, karna ini juga pas Tengah kota tidak enak diliat kalo begini kondisi lingkungannya”.

Sedangkan terkait tanggapan Strategi implementasi smart environment yang akan diterapkan, hasil wawancara sebagai berikut:

“...Kalau kedepannya nanti ada cara baik untuk menanggulangi lingkungan disini alhamdulillah semoga secepatnya pemerintah bisa menanggapi permasalahan yang terjadi disini. Selain itu, kita selaku Masyarakat disini juga sangat membutuhkan perhatian dari Pemprov Sulawesi Selatan.”.

b. Narasumber 2 (Ibu Ninda, usia 54 thn)

Ibu ninda merupakan penduduk asli Kota Makassar yang kini tinggal di Kelurahan Sinrijala bersama anak-anaknya. Keseharian ibu ninda adalah sebagai ibu rumah tangga, disamping itu ibu ninda juga menjual kue atau gorengan untuk membantu perekonomian keluarganya. Ibu ninda yang sejak lahir berada di Kota Makassar lalu pindah ke Kelurahan Sinrijala pada tahun 2000. Kataya saat itu Kelurahan Sinrijala masih tempat yang penuh dengan sampah atau biasa disebut dengan tempat pembuangan kucing. Tak lama tinggal disitu, Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan menghimbau untuk menjaga kebersihan saat menepati tempat tersebut. Tempat tinggal yang kini dihuni oleh ibu ninda dan keluarganya merupakan tempat tinggal semi permanen, dan masih hak milik negara.

Berdasarkan hasil wawancara (interview) dengan ibu ninda, terkait kondisi lingkungan kumuh, khususnya Kawasan permukiman kumuh ditengah kota, berikut adalah petikan hasil wawancara terkait kondisi lingkungan kumuh tersebut:

“...Sejak saya tinggal disini, permukiman dan kondisi kanal setempat memang sudah seperti ini. Terkadang bau kanal yang menguap mengganggu warga disini. Dan juga kami disini tidak mempunyai tempat lain untuk ditempati tinggal jadi kami memilih untuk disini saja. Biasanya dulu disini biasanya membersihkan kanal tersebut tapi semenjak beberapa tahun ini sudah tidak terjadi lagi. Maka dari itu, Kami sudah terbiasa dengan kondisi lingkungan yang terjadi disini..”.

Sedangkan terkait tanggapan Strategi implementasi smart environment yang akan diterapkan, hasil wawancara sebagai berikut:

“...jika kedepannya ada Pembangunan atau strategi yang lebih baik untuk kondisi lingkungan disini saya sangat bersyukur apalagi mengenai Pembangunan yang lebih baik lagi. Jika di terapkan lingkungan pintar disini, semoga kondisi lingkungan disini lebih bersih lagi dan saya sangat berterima kasih pada pemprov Sulawesi Selatan yang sudah memerhatikan kami disini..”.

3.4. Analisis dan Pembahasan

Bedasarkan hasil wawancara dengan narasumber, yang kapasitas dan pengetahuan dalam kaitannya dengan substansi penelitian. Kemudian petikan-petikan wawancara direbuksi menjadi sebuah rangkuman hasil wawancara agar lebih jelas dan memberi Gambaran tentang pokok-pokok penelitian. Setelah direduksi, langkah selanjutnya adalah menyajikan data dalam bentuk urian singkat atau berbentuk narasi-narasi yang bertujuan membantu peneliti menjelaskan isi kepada siapa saja yang membaca.

Diharapkan setelah melalui beberapa proses atau tahapan dalam analisis deskriptif dengan menemukan makna atau pola-pola dan alur dalam membangun proposisi dalam merancang hasil Kesimpulan penelitian. Berikut adalah tabel analisis deskriptif dari variabel pada Kelurahan Sinrijala.

Tabel 1. Analisis Deskriptif

Variabel	Parameter	Keterangan
Penggunaan Lahan	Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau	Jumlah Ruang terbuka hijau pada Kelurahan Sinrijala masih kurang karena disebabkan kurangnya lahan yang disebabkan padatnya bangunan penduduk diwilayah tersebut.
	Kepadatan Penduduk	Pada tahun 2023, kepadatan penduduk Kelurahan Sinrijala mencapai 463 jiwa/Ha.
	Kepadatan Bangunan	Kepadatan bangunan yang ada di Kelurahan Sinrijala Mencapai 512 Bangunan/Ha.
Persampahan	Jumah Tempat Sampah	Pada Kelurahan Sinrijala hamper semua rumah tangga sudah memiliki tempat sampah masing-masing.
Air	Kondisi Air	Kondisi air pada Kelurahan Sinrijala kurang baik, oleh karena itu Masyarakat setempat menggunakan PDAM untuk sehari-hari.
Sanitasi	Jumlah masyarakat yang memiliki Jamban	Terdapat 1.340 KK yang ada di Kelurahan Sinrijala dan semua rumah tangga sudah memiliki jamban yang baik. Masyarakat setempat sudah bukan lagi warga awam yang tidak menggunakan jamban.
	Pengelolaan Limbah Domestik	Pengelolaan limbah domestik atau limbah rumah tangga di Kelurahan Sinrijala ada beberapa kurang lebih 70% yang masih membuang limbah tersebut di kanal selebihnya itu sudah menggunakan tangka septik.

Sumber: Hasil analisis 2023.

Pernyataan ini mengindikasikan bahwa pandangan para ahli mengenai faktor demografi yang berkaitan dengan permukiman kumuh di wilayah perkotaan memiliki validitas yang kuat. Dalam konteks urbanisasi, migrasi penduduk ke kota besar seperti Makassar menjadi tantangan utama yang berimplikasi langsung terhadap pertumbuhan kawasan permukiman kumuh. Urbanisasi yang tidak terencana menyebabkan tekanan tinggi terhadap infrastruktur dasar, lahan permukiman, dan pelayanan publik, yang pada akhirnya menciptakan lingkungan dengan kondisi fisik yang buruk dan tingkat kepadatan tinggi (Satterthwaite et al., 2020). Gaya hidup masyarakat urban yang didominasi oleh individualisme, persaingan ekonomi, serta degradasi nilai-nilai komunal semakin memperkuat kompleksitas masalah sosial dan lingkungan di kawasan permukiman kumuh.

Dalam kasus Kota Makassar, permukiman kumuh menjadi tempat tinggal utama bagi para migran berpendapatan rendah yang tidak memiliki pilihan tempat tinggal lain. Mereka memilih kawasan ini karena kedekatan sosial dan rasa aman di tengah tekanan hidup perkotaan. Fenomena ini mengindikasikan bahwa selama kota tetap dipandang sebagai simbol peluang ekonomi dan sosial, maka permukiman informal akan terus

berkembang secara spontan (Owusu-Ansah et al., 2022). Hal ini menunjukkan adanya gap besar antara dinamika perkotaan dan daya adaptasi para migran dalam menyerap norma baru, sehingga mereka kerap mengalami krisis identitas akibat pergeseran nilai dan kebiasaan dari pedesaan ke perkotaan. Perubahan mendadak ini menciptakan tantangan dalam membentuk kesadaran kolektif akan pentingnya norma sosial, lingkungan, dan kesehatan.

Menanggapi tantangan tersebut, pendekatan smart environment menjadi solusi alternatif yang dapat diterapkan untuk memperbaiki kualitas lingkungan permukiman kumuh. Konsep ini tidak hanya menekankan pada pembangunan fisik, tetapi juga integrasi teknologi dan partisipasi masyarakat dalam menciptakan lingkungan yang berkelanjutan. Menurut research oleh Bibri & Krogstie (2021), implementasi smart environment dalam skala lokal dapat meningkatkan pengelolaan air, sanitasi, pengelolaan limbah, serta efisiensi energi, yang semuanya sangat penting dalam konteks permukiman kumuh. Selain itu, penguatan kapasitas warga melalui pendidikan lingkungan dan pelatihan berbasis teknologi akan mendukung terciptanya budaya kolektif baru yang lebih adaptif terhadap tuntutan hidup urban yang dinamis.

Kelurahan Sinrijala sebagai lokasi penelitian merupakan kawasan yang tepat untuk mengimplementasikan konsep ini karena karakteristik demografinya mencerminkan tantangan umum yang dihadapi oleh permukiman kumuh di kota-kota besar Indonesia. Lokasi ini juga menghadapi tekanan tinggi terhadap lahan dan infrastruktur dasar akibat urbanisasi cepat serta minimnya kontrol perencanaan spasial. Dalam konteks ini, pendekatan berbasis data, teknologi, dan pemberdayaan masyarakat menjadi krusial dalam menciptakan perubahan sosial dan ekologis yang berkelanjutan (Ahvenniemi et al., 2017). Penelitian ini memandang pentingnya transformasi pola pikir dan gaya hidup masyarakat Sinrijala sebagai fondasi utama dalam membangun kawasan perkotaan yang lebih manusiawi dan adaptif terhadap tantangan lingkungan.

Melalui pendekatan smart environment, warga didorong untuk menjadi bagian aktif dari proses transformasi, bukan hanya sebagai objek perubahan. Pemanfaatan teknologi informasi dalam manajemen lingkungan dapat membantu dalam pemetaan wilayah, identifikasi masalah sanitasi, serta penyusunan strategi intervensi berbasis bukti. Selain itu, integrasi teknologi memungkinkan sistem pelaporan masyarakat terhadap permasalahan lingkungan dapat ditangani secara cepat dan transparan, sebagaimana dikemukakan oleh Alizadeh et al. (2020) dalam studi mereka tentang manajemen kota pintar berbasis komunitas. Dengan demikian, konsep ini dapat menjawab kebutuhan unik dari kawasan-kawasan padat dan kumuh seperti yang ditemukan di Sinrijala.

3.5. Strategi Implementasi Smart Environment pada permukiman kumuh

Implementasi Smart Environment pada variabel-variabel seperti Penggunaan Lahan, Persampahan, Air, dan Sanitasi dapat melibatkan berbagai teknologi dan strategi yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas hidup dalam suatu kawasan. Berikut adalah beberapa contoh implementasi Smart Environment menggunakan IoT untuk setiap variabel tersebut:

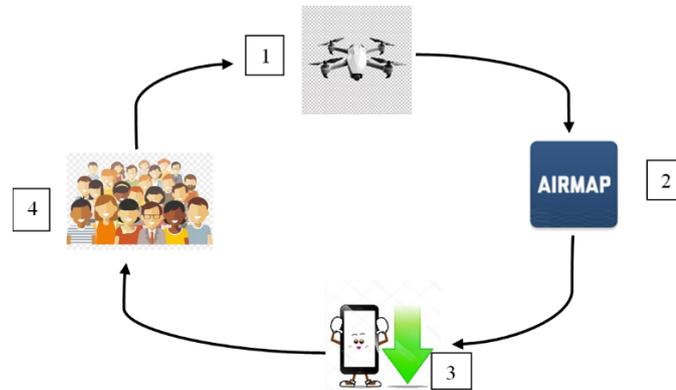
a. Sistem Pemantauan Lingkungan

Hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya penerapan sistem pemantauan lingkungan berbasis teknologi untuk mengelola perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap lingkungan. Teknologi ini melibatkan penggunaan berbagai perangkat canggih, seperti drone (1), aplikasi AIRMAP (2), dan perangkat Android (3), yang dapat bekerja secara sinergis untuk memantau dan menganalisis data secara real-time. Drone, sebagai salah satu teknologi utama, berfungsi sebagai pesawat tanpa awak yang dapat terbang secara mandiri, dikendalikan dari jarak jauh menggunakan remote control atau komputer. Dengan dilengkapi kamera beresolusi tinggi, drone ini mampu mengambil gambar udara secara detail, yang sangat berguna untuk pemetaan lahan dan identifikasi perubahan-perubahan yang terjadi, terutama di kawasan perkotaan yang padat penduduk. Keunggulan penggunaan drone terletak pada kemampuannya untuk menjangkau area yang sulit diakses serta memberikan data visual yang sangat akurat dalam waktu yang relatif singkat (López et al., 2021; Zeng et al., 2023).

Selain itu, aplikasi AIRMAP menjadi komponen krusial dalam sistem ini. AIRMAP memungkinkan operator drone untuk merencanakan rute penerbangan secara efisien serta mendapatkan otorisasi dari otoritas udara setempat untuk melakukan operasi di wilayah tertentu. Aplikasi ini memiliki fitur yang mendukung penerbangan drone secara aman dan terkontrol, meminimalkan risiko gangguan terhadap lalu lintas udara dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku (Smith & Brown, 2022). Data yang diperoleh dari penerbangan drone tersebut kemudian diproses dan dianalisis melalui perangkat Android yang berfungsi untuk menerima dan mengolah informasi dari aplikasi AIRMAP. Proses ini memungkinkan data yang dikumpulkan, seperti gambar wilayah atau perubahan penggunaan lahan, untuk disajikan dalam format yang mudah dipahami dan diakses oleh masyarakat luas.

Salah satu manfaat utama dari sistem pemantauan lingkungan ini adalah kemampuannya untuk menyajikan informasi terkini mengenai perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah kepada masyarakat. Informasi ini dapat digunakan untuk meningkatkan kesadaran dan keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan lingkungan sekitar

mereka (Zhao et al., 2021). Dengan memanfaatkan teknologi ini, masyarakat dapat dengan mudah melihat perubahan yang terjadi, baik itu dalam hal perluasan kawasan pemukiman, perubahan ruang terbuka hijau, atau konversi lahan menjadi area komersial atau industri. Selain itu, data yang dihasilkan dari sistem ini dapat digunakan untuk mendukung perencanaan kota yang lebih baik, serta membantu pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan sumber daya alam dan mitigasi dampak lingkungan. Dalam jangka panjang, penerapan sistem pemantauan berbasis teknologi ini berpotensi untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh perkembangan kawasan urban, sekaligus meningkatkan kualitas hidup masyarakat di kawasan tersebut (Yang et al., 2023).



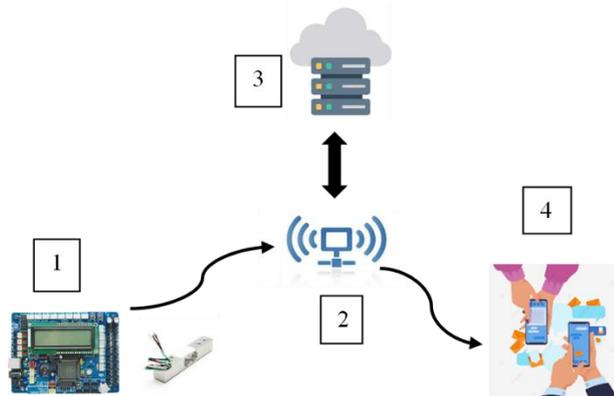
Gambar 2. Konsep Sistem Pemantauan Lingkungan

b. Sistem Pengelolaan Sampah Cerdas

penggunaan sensor pada tempat sampah untuk memonitor kapasitas dan mengoptimalkan jadwal pengumpulan sampah dapat meningkatkan efisiensi sistem pengelolaan limbah perkotaan. Dalam sistem ini, sensor berat (loadcell) dipasang pada tempat sampah untuk mengukur jumlah sampah yang terkumpul secara real-time. Data dari sensor tersebut kemudian dikirimkan melalui jaringan internet ke server yang mengelola informasi ini melalui Sistem Informasi Pengelolaan Sampah (SIPS). Dengan mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), setiap tempat sampah dapat berfungsi sebagai perangkat yang mengirimkan data secara otomatis, memungkinkan pemantauan kapasitas secara tepat waktu dan mengoptimalkan jadwal pengumpulan sampah. Dalam sistem ini, dashboard yang terhubung memungkinkan semua pengguna, seperti petugas pengumpul sampah atau pihak yang bertanggung jawab, untuk mengakses informasi mengenai tingkat kepenuhan tempat sampah dan merencanakan pengumpulan secara lebih efisien (Santos et al., 2021; García et al., 2023).

IoT, yang menghubungkan berbagai perangkat melalui internet, memungkinkan pengumpulan data secara langsung dan terus-menerus. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini mencakup informasi terkait dengan volume sampah, jenis sampah, serta lokasi dan waktu pengumpulan. Penggunaan teknologi Big Data memungkinkan pemrosesan dan analisis data dalam jumlah besar secara cepat dan efisien. Dengan menggabungkan IoT dan Big Data, sistem pengelolaan limbah dapat dioptimalkan untuk meminimalkan jumlah sampah yang terbuang, mengurangi kebutuhan pengumpulan yang tidak perlu, dan memaksimalkan efisiensi dalam proses daur ulang (Zhang et al., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2022) menunjukkan bahwa dengan penerapan IoT dan Big Data, sistem pengelolaan sampah dapat mengurangi jejak karbon dan memperbaiki keberlanjutan lingkungan di kota-kota besar. Dengan menganalisis data yang diperoleh dari berbagai sensor, sistem ini tidak hanya memungkinkan pengoptimalan rute pengumpulan sampah, tetapi juga memberikan dasar yang kuat untuk merencanakan strategi pengurangan limbah dan peningkatan daur ulang secara lebih efektif.

Melalui teknologi ini, sistem pengelolaan sampah menjadi lebih responsif terhadap perubahan volume sampah di berbagai lokasi, serta dapat mendukung kebijakan pengelolaan limbah yang lebih cerdas dan ramah lingkungan. Sebagai contoh, teknologi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah-daerah dengan tingkat pengumpulan sampah yang rendah dan merancang intervensi untuk meningkatkan pengumpulan di area tersebut. Lebih jauh lagi, penerapan IoT dan Big Data pada pengelolaan sampah mendukung pengembangan kota pintar (smart city) yang berkelanjutan. Sebuah studi oleh Rah (2023) menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan sistem berbasis IoT untuk pengelolaan sampah, kota-kota dapat meningkatkan efektivitas operasional pengumpulan sampah, mempercepat proses daur ulang, dan mengurangi biaya operasional secara signifikan. Ke depannya, penerapan teknologi ini diharapkan dapat mempercepat transisi ke sistem pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan, serta berkontribusi pada pengurangan dampak negatif terhadap ekosistem perkotaan.



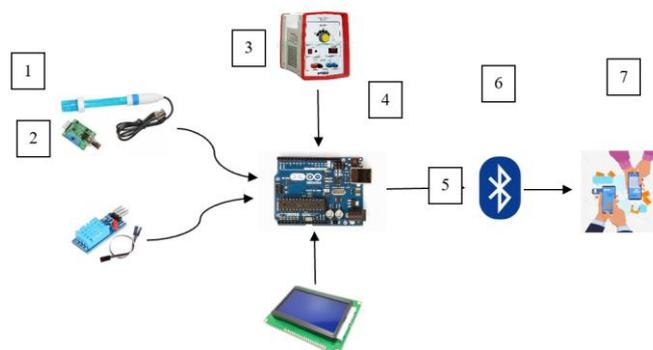
Gambar 3. Konsep Sistem Pengelolaan Sampah Cerdas

c. Sistem Monitoring Kualitas Air

Hasil penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan kualitas air berbasis teknologi sensor untuk mendeteksi pencemaran air di sungai, danau, dan sistem perairan lainnya. Sistem ini menggunakan jaringan sensor yang mengukur parameter-parameter penting seperti pH dan suhu air. Sensor pH digunakan untuk mendeteksi konsentrasi ion hidrogen (pH) dalam air, yang menunjukkan tingkat keasaman atau alkalinitas suatu badan air. Selain itu, sensor suhu (LM35) digunakan untuk memantau perubahan suhu air, yang merupakan indikator penting dalam mengidentifikasi potensi pencemaran. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali, yang berfungsi untuk membaca data dari sensor dan kemudian mengirimkan informasi tersebut ke perangkat Android melalui Bluetooth. Dengan pemanfaatan teknologi ini, sistem pemantauan kualitas air dapat memberikan peringatan dini terhadap perubahan parameter kualitas air yang berpotensi mencemari ekosistem perairan dan membahayakan kesehatan manusia (Chung et al., 2021).

Proses perancangan perangkat keras mencakup beberapa komponen utama, seperti sensor pH air, sensor suhu, dan mikrokontroler Arduino Uno. Mikrokontroler ini bertugas untuk mengontrol sensor dan mengolah data yang diperoleh, serta mengirimkan informasi tersebut melalui Bluetooth ke aplikasi Android. Data yang terkirim dari sensor kemudian disimpan di dalam database MySQL yang terhubung dengan server web, dan dapat diakses melalui antarmuka berbasis website yang dikembangkan menggunakan PHP. Melalui desain sistem ini, data kualitas air dapat dipantau secara real-time dan diakses oleh pengguna melalui aplikasi Android. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kualitas air di berbagai lokasi secara efektif dan efisien, serta memberi peringatan dini jika terjadi perubahan signifikan pada parameter-parameter kualitas air (Zhang et al., 2022). Penggunaan teknologi semacam ini meningkatkan kemampuan masyarakat dan instansi terkait untuk mengelola sumber daya air dengan lebih baik dan mengurangi dampak pencemaran yang dapat merusak ekosistem serta kesehatan masyarakat.

Selain itu, pemanfaatan teknologi sensor dalam sistem ini dapat diintegrasikan dengan konsep smart city, di mana data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor kualitas air dapat dimanfaatkan untuk analisis lebih lanjut menggunakan teknologi big data dan Internet of Things (IoT). Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan kualitas air, tetapi juga sebagai bagian dari infrastruktur pintar yang mendukung pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Penerapan sistem ini dapat membantu pihak berwenang untuk melakukan intervensi cepat dalam menangani masalah pencemaran air, serta memfasilitasi pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan berbasis data untuk menjaga kualitas air dan keberlanjutan ekosistem perairan (Lee et al., 2021).



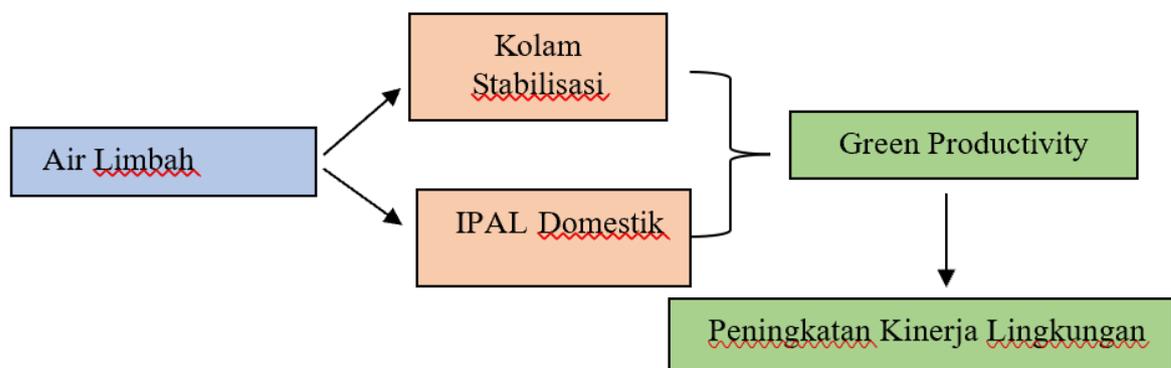
Gambar 4. Konsep Sistem Monitoring Kualitas Air

d. Sistem Manajemen Limbah Cair

Penerapan sistem pengelolaan limbah cair cerdas bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam memantau dan mengolah limbah cair, yang pada gilirannya dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam pengelolaan limbah cair adalah kolam stabilisasi, yang bekerja secara alami dalam mengolah air limbah. Kolam stabilisasi sangat direkomendasikan untuk daerah tropis dan negara berkembang, mengingat biaya konstruksinya yang relatif murah dan kemampuannya untuk mengelola limbah cair dalam jumlah besar, meskipun membutuhkan area yang luas dan waktu tinggal yang lama, antara 20 hingga 50 hari (Said et al., 2022). Ada beberapa jenis kolam stabilisasi yang umum digunakan, di antaranya kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi. Kolam anaerobik cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan kandungan bahan organik yang sangat pekat, sementara kolam maturasi berfungsi untuk memusnahkan mikroorganisme patogen yang terdapat dalam air limbah tersebut (Gondar et al., 2021).

Selain kolam stabilisasi, sistem pengolahan air limbah domestik (IPAL Domestik) juga merupakan bagian penting dalam pengelolaan limbah cair, khususnya di kawasan pemukiman. IPAL domestik berfungsi untuk mengolah air limbah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga, seperti air limbah dapur, kamar mandi, pencucian, dan air limbah dari septik tank. Sistem pengolahan ini umumnya menggunakan teknologi biofilter anaerob-aerob, yang efektif dalam mengurangi kontaminasi organik serta memfasilitasi proses penyaringan dan pemurnian air limbah secara efisien. Dengan memanfaatkan sistem biofilter anaerob-aerob, proses pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan biaya yang lebih rendah serta dampak lingkungan yang lebih kecil dibandingkan dengan teknologi pengolahan limbah cair lainnya (Kumar et al., 2021). Integrasi teknologi dalam sistem pengelolaan limbah cair ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam proses pengolahan, tetapi juga mendukung penerapan prinsip-prinsip kota cerdas yang berkelanjutan.

Penerapan sistem cerdas untuk pengelolaan limbah cair memanfaatkan sensor dan teknologi IoT untuk memantau kondisi limbah cair secara real-time. Dengan demikian, pengelolaan limbah cair dapat dilakukan secara lebih responsif, mengidentifikasi sumber pencemaran dengan lebih cepat, dan mengoptimalkan proses pengolahan untuk mencapai hasil yang lebih baik dan ramah lingkungan (Zhao et al., 2023). Teknologi ini memberikan peluang besar untuk memperbaiki kualitas lingkungan dan mengurangi risiko pencemaran air yang dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat serta ekosistem perairan.



Gambar 5. Konsep Sistem Manajemen Limbah Domestik

4. KESIMPULAN

Penerapan konsep smart environment merupakan bagian dari strategi besar smart city yang bertujuan untuk memanfaatkan teknologi informasi dalam memudahkan kehidupan masyarakat. Di Kelurahan Sinrijala, implementasi smart environment mencakup berbagai aspek kompleks, seperti kepadatan penduduk, tingkat pengangguran, dan aspek sosial ekonomi lainnya. Tujuan utama dari penerapan konsep ini adalah untuk mendorong kemajuan wilayah kelurahan yang berada di tengah kota dengan mewujudkan lingkungan yang bersih, kepemimpinan yang inklusif, pelayanan birokrasi yang baik, serta pembangunan berkelanjutan yang didukung oleh stabilitas ekonomi, kualitas sumber daya manusia, kemajuan teknologi dan informasi, serta keunggulan kawasan.

Terdapat tiga strategi penting yang menjadi fokus dalam implementasi smart environment di kawasan permukiman kumuh Kelurahan Sinrijala. Pertama, perlunya edukasi dan penyelenggaraan seminar terkait lingkungan sehat guna meningkatkan kesadaran masyarakat tentang dampak negatif membuang sampah sembarangan terhadap kondisi lingkungan. Kedua, menjaga kebersihan dan ketertiban umum harus menjadi budaya bersama yang ditopang oleh semangat sosial tinggi antarwarga. Ketiga, pemerintah memiliki peran penting dalam meningkatkan dan memanfaatkan potensi sumber daya masyarakat, yang dapat diwujudkan melalui pelatihan keterampilan, penyaluran tenaga kerja secara formal, atau dengan menyediakan tempat penampungan

dan pemberdayaan bagi masyarakat yang tidak memiliki pekerjaan. Strategi-strategi ini menjadi kunci untuk mewujudkan permukiman kumuh yang lebih sehat, teratur, dan berdaya saing dalam kerangka smart environment.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2022). *What makes a sustainable smart city?* Sustainable Cities and Society, 76, 103475.
- Setyowati, E., Wahyudi, E., & Sudarsono, A. (2021). *Urban slum and environmental degradation: The need for a community-based approach*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 739(1), 012007.
- Rahman, M., Alam, K., & Sohel, M. (2020). *Environmental pollution and urban poverty in developing countries*. Journal of Urban Management, 9(3), 275–287.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2021). *Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives*. Journal of Urban Technology, 28(1), 3–27.
- Mora, L., Deakin, M., & Reid, A. (2022). *Smart-city development paths: Insights from the literature and from international case studies*. Cities, 123, 103557.
- Li, Y., Yang, Y., Chen, Z., & Wang, Y. (2021). *Integrating qualitative and quantitative methods to evaluate urban environmental governance*. Sustainable Cities and Society, 64, 102528.
- Karimi, M., & Hashemkhani Zolfani, S. (2021). *Integrated urban planning using smart data-driven and participatory approaches for sustainable development*. Sustainable Development, 29(3), 475–487.
- Silva, T. R., & Serafim, M. P. (2022). *Smart cities and environmental planning: A multidimensional approach*. Journal of Cleaner Production, 332, 130026.
- Bradshaw, C., Atkinson, S., & Doody, O. (2021). *Employing a qualitative descriptive approach in health care research*. Global Qualitative Nursing Research, 8, 1–9.
- Satterthwaite, D., Archer, D., Colenbrander, S., Dodman, D., Hardoy, J., Mitlin, D., & Patel, S. (2020). *Building resilience to climate change in informal settlements*. One Earth, 2(2), 143–156.
- Owusu-Ansah, J. K., & Braimah, I. (2022). *Urbanisation and the dynamics of slums in Sub-Saharan Africa*. Cities, 123, 103598.
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2021). *Generating a vision for smart sustainable cities of the future: A scholarly backcasting approach*. Sustainable Cities and Society, 61, 102295.
- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). *What are the differences between sustainable and smart cities?* Cities, 60, 234–245.
- Alizadeh, T., Sarkar, S., & Farrell, J. (2020). *Smart city governance: The need for community-based approaches*. Cities, 103, 102721.
- López, R., González, A., & Martínez, J. (2021). *Applications of drone-based remote sensing for land use and environmental monitoring*. Environmental Monitoring and Assessment, 193(4), 1–15.
- Smith, P., & Brown, R. (2022). *The role of AIRMAP in urban drone operations and airspace safety*. Journal of Urban Air Mobility, 6(1), 24–31.
- Yang, Y., Wang, Y., & Li, D. (2023). *Advancing urban planning through drone-based environmental monitoring and its impacts on sustainability*. Journal of Environmental Management, 305, 113–124.
- Zeng, W., Zhang, L., & Lu, X. (2023). *The role of drones in monitoring urban land use changes and environmental impacts*. Urban Studies, 60(7), 1419–1437.
- Zhao, X., Yang, L., & Liu, B. (2021). *Impact of real-time environmental monitoring systems on urban sustainability*. Sustainability, 13(11), 6048.
- Chen, L., Liu, Y., & Li, X. (2023). *Smart waste management in informal settlements: A case-based approach*. Sustainable Cities and Society, 95, 104671.
- Kumar, R., & Joshi, Y. (2021). *Decentralized wastewater management in low-income urban communities: A participatory framework*. Environmental Science and Policy, 122, 34–45.
- Li, S., & Wang, X. (2022). *Spatial inequalities in access to clean water in urban slums*. Cities, 122, 103572.

- Lin, Y., Zhang, X., & Xu, H. (2021). *Simplifying smart environment indicators for local governance*. *Urban Studies*, 58(4), 723–740.
- Rahman, M. M., Ahmad, S., & Hossain, M. (2022). *Green space and mental wellbeing in urban slums: A multivariate analysis*. *Landscape and Urban Planning*, 217, 104245.
- Silva, C. M., Pereira, T. A., & Lima, R. A. (2023). *Sanitation inequality and public health in urban peripheries: A comparative study*. *Habitat International*, 135, 102712.
- Tan, Y., & Goonetilleke, A. (2024). *Context-sensitive indicators for smart city development in the Global South*. *Journal of Urban Management*, 13(1), 89–103.
- Zhang, J., Wu, C., & Hu, Y. (2023). *Qualitative analytics for participatory smart environment planning*. *Sustainable Development*, 31(2), 412–426.
- García, J., Pérez, D., & López, F. (2023). *Optimizing waste management through IoT and big data in urban environments*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(7), 421.
- Rah, M. (2023). *Impact of IoT and Big Data on sustainable waste management systems in urban areas*. *CNBC Indonesia*. Retrieved from <https://www.cnbcindonesia.com/tech>
- Santos, R., Oliveira, L., & Almeida, L. (2021). *The role of IoT in waste management: Improving urban sustainability through smart waste systems*. *Journal of Environmental Engineering*, 147(11), 04021072.
- Zhang, T., Wang, X., & Yu, X. (2022). *Smart waste management using IoT and big data for urban sustainability*. *Waste Management*, 134, 12–22.
- Chung, W., Kim, S., & Jang, H. (2021). *Development of a real-time water quality monitoring system using IoT and sensors for environmental management*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4), 215.
- Zhang, Q., Xu, X., & Li, Y. (2022). *Smart water quality monitoring system based on Arduino for environmental protection*. *Journal of Environmental Engineering*, 148(11), 04022081.
- Lee, H., Kim, H., & Park, J. (2021). *Design and implementation of a real-time water quality monitoring system using wireless sensor networks and IoT technologies*. *Environmental Science and Technology*, 55(6), 4215–4225.
- Gondar, D., Silva, A., & Almeida, M. (2021). *Anaerobic treatment of industrial wastewater in stabilization ponds: A review on performance and applications*. *Journal of Environmental Management*, 284, 112005.
- Kumar, M., Singh, S., & Gupta, A. (2021). *Application of biofiltration in domestic wastewater treatment: Advances and challenges*. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7), 8292–8308.
- Said, A. S., Ariffin, M., & Ishak, M. (2022). *Sustainable wastewater management in tropical climates: A case study on stabilization ponds for domestic wastewater treatment*. *Journal of Cleaner Production*, 361, 132338.
- Zhao, Y., Chen, M., & Zhang, H. (2023). *Smart water management systems using IoT and sensors: Application in wastewater treatment*. *Journal of Environmental Engineering*, 149(4), 04022041.