



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 4 (2025) pp: 797-806

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Smart City : Tantangan Mengatasi Pencemaran Udara di Kota Denpasar

A.A. Winda Suryananda Widarsa¹, Ni Wayan Widhiasthini², Ni Luh Yulyana Dewi³, Anak Agung Istri Agung Maheswari⁴

^{1,2,3}Administrasi Publik, Fakultas Ilmu Sosial dan Humaniora, Universitas Pendidikan Nasional

⁴Destinasi Pariwisata, Fakultas Pariwisata, Universitas Pendidikan Nasional

¹windawidarsa@gmail.com, ²widhiasthini74@undiknas.ac.id, ³yulyanadewi@undiknas.ac.id,

⁴agungmaheswari@undiknas.ac.id

Abstrak

Peningkatan aktivitas transportasi, pertumbuhan jumlah penduduk, serta perkembangan sektor industri di Kota Denpasar telah memicu peningkatan tingkat pencemaran udara yang berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan hidup. Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, diterapkanlah konsep smart city yang berorientasi pada modernisasi tata kelola perkotaan melalui pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk menciptakan sistem lingkungan yang cerdas, efisien, serta berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai tantangan yang dihadapi dalam penerapan konsep smart city sebagai upaya pengendalian pencemaran udara di Kota Denpasar. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data melalui wawancara, observasi langsung, serta studi dokumentasi dari beberapa instansi terkait, antara lain Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK), Dinas Perhubungan (Dishub), serta Dinas Komunikasi dan Informatika (Diskominfo) Kota Denpasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan konsep smart city melalui sistem Denpasar Cyber Monitor dan Air Quality Management System (AQMS) berperan penting dalam mendukung kegiatan pemantauan kualitas udara secara digital dan real-time. Meskipun demikian, implementasi program ini masih menghadapi berbagai kendala seperti lemahnya koordinasi dan integrasi antarinstansi, ketergantungan terhadap dukungan dari pemerintah pusat, serta rendahnya tingkat partisipasi masyarakat dalam menjaga kualitas udara. Oleh karena itu, penerapan smart city di Kota Denpasar memiliki potensi yang signifikan untuk mengurangi pencemaran udara apabila didukung dengan penguatan infrastruktur teknologi, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, serta pengembangan partisipasi aktif masyarakat secara berkesinambungan.

Kata kunci: Smart City, Pencemaran Udara, Kebijakan Publik, Smart Environment

1. Latar Belakang

Transformasi digital telah membawa perubahan mendasar terhadap pola tata kelola pemerintahan dan pembangunan perkotaan di berbagai negara. Dalam konteks ini, konsep *smart city* menjadi paradigma strategis yang memadukan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dengan prinsip-prinsip tata kelola modern untuk meningkatkan efisiensi layanan publik, memperkuat partisipasi masyarakat, serta mewujudkan keberlanjutan lingkungan. Menurut [1] *smart city* merupakan konsep tata kelola perkotaan yang terintegrasi untuk menjawab berbagai tantangan urbanisasi di kota besar, yang tidak hanya berorientasi pada kemajuan teknologi, tetapi juga pada upaya mewujudkan tata kelola pemerintahan yang efisien, partisipatif, dan berkelanjutan. Pemanfaatan teknologi digital diharapkan dapat meningkatkan kualitas pelayanan publik, mempercepat pengambilan keputusan berbasis data, serta mendukung sistem informasi yang terbuka dan transparan. Pengembangan *smart city* mencakup enam dimensi utama, yakni *smart governance*, *smart economy*, *smart mobility*, *smart people*, *smart living*, dan *smart environment* dimana ke enam dimensi tersebut harus berjalan secara sinergis untuk menciptakan keseimbangan antara kebutuhan sosial, ekonomi, dan ekologis [2]. Dengan demikian, konsep *smart city* tidak hanya menjadi instrumen teknologis, tetapi juga merupakan pendekatan sistemik yang menekankan pada tata kelola pemerintahan yang inklusif dan adaptif terhadap dinamika masyarakat perkotaan modern.

Implementasi *smart city* di Indonesia telah memperoleh legitimasi hukum yang kuat melalui Peraturan Pemerintah Nomor 59 Tahun 2022 tentang Perkotaan, yang disahkan pada 26 Desember 2022. Regulasi ini menjadi pedoman nasional dalam mengatur klasifikasi perkotaan, pengelolaan, serta pendanaan pembangunan berbasis teknologi. Pemerintah kemudian meluncurkan Gerakan 100 kota menuju *Smart City* pada tahun 2017 melalui Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) sebagai langkah konkret mendorong digitalisasi tata kelola pemerintahan.

Menurut [3] keberhasilan program ini sangat bergantung pada keselarasan antara kebijakan nasional dan kesiapan pemerintah daerah, terutama dalam penyediaan infrastruktur digital, kapasitas sumber daya manusia, serta koordinasi antar instansi. Berdasarkan laporan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) tahun 2021 yang dikeluarkan Kementerian PAN-RB, Provinsi Bali menempati posisi keempat nasional dan menjadi satu-satunya provinsi non-kementerian yang masuk ke dalam lima besar, bersama Kementerian Kominfo, BPS, dan Kementerian Keuangan. Capaian ini menunjukkan bahwa Provinsi Bali memiliki potensi besar dalam implementasi kebijakan digital. Namun seiring dengan perkembangan pesat sektor pariwisata dan urbanisasi di Bali justru menimbulkan tekanan terhadap lingkungan perkotaan, termasuk meningkatnya emisi karbon dan menurunnya kualitas udara di kawasan padat penduduk [4]. Oleh karena itu, perwujudan *smart city* menuntut keseimbangan antara kemajuan teknologi, kesiapan kebijakan daerah, dan komitmen terhadap keberlanjutan lingkungan.

Kota Denpasar sebagai pusat pemerintahan, ekonomi, dan pariwisata di Provinsi Bali menghadapi tantangan urbanisasi yang kian kompleks, terutama dalam menjaga kualitas udara. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah kota telah berupaya menerapkan konsep *smart city* melalui digitalisasi layanan publik, penguatan teknologi pemantauan lingkungan, dan pengembangan sistem transportasi terintegrasi. Sebagaimana [5] menjelaskan bahwa keseriusan Pemerintah Kota Denpasar dalam mengembangkan kota cerdas terlihat sejak peluncuran *Denpasar Cyber Monitor* (DCM) pada tahun 2017 yang berfungsi sebagai pusat integrasi data lingkungan dan layanan publik berbasis digital. Meskipun demikian, kualitas udara tetap menjadi persoalan serius yang berimplikasi langsung terhadap kesehatan masyarakat dan keberlanjutan kota. Tingginya tingkat pencemaran udara di Denpasar dipicu oleh meningkatnya jumlah kendaraan bermotor berbahan bakar fosil, meningkatnya aktivitas ekonomi dan pariwisata, serta kebiasaan masyarakat membakar sampah secara terbuka [6]. Kondisi ini diperburuk oleh keterbatasan ruang terbuka hijau yang hanya mencapai sebagian kecil dari luas wilayah kota. Selain itu, [7] menegaskan bahwa upaya pengendalian pencemaran udara memerlukan kolaborasi lintas sektor dan partisipasi masyarakat agar kebijakan yang dihasilkan tidak bersifat administratif semata, melainkan bersifat partisipatif dan berorientasi pada keberlanjutan. Oleh karena itu, penerapan *smart environment* di kota Denpasar menjadi kunci dalam menyeimbangkan pembangunan ekonomi dan pelestarian ekosistem kota.

Berdasarkan Laporan Kinerja Instansi Pemerintah (LKJIP) Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Denpasar tahun 2024, nilai Indeks Kualitas Udara (IKU) kota Denpasar mencapai 86,75 yang dimana nilai tersebut masih berada di bawah nilai rata-rata Provinsi Bali sebesar 92,12 dan nasional sebesar 90,18. Hal tersebut menunjukkan bahwa meskipun kualitas udara di Kota Denpasar masih tergolong baik, namun Denpasar masih menghadapi tekanan lingkungan yang signifikan. Sebagaimana dijelaskan oleh [8] bahwa penyumbang utama penurunan kualitas udara berasal dari tingginya penggunaan kendaraan pribadi, rendahnya minat terhadap transportasi publik, serta keterbatasan ruang terbuka hijau yang hanya mencapai 3,2% dari total luas wilayah dimana hal tersebut jauh di bawah target nasional sebesar 20%. Akibatnya, daya serap polutan berkurang dan tingkat pencemaran meningkat. Sementara itu, berdasarkan LKJIP DLHK tahun 2024, Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) Kota Denpasar berada pada angka 61,14 atau 98,63% dari target, dengan kategori sedang. Faktor lain yang turut memperburuk kondisi lingkungan adalah lemahnya pengawasan terhadap industri kecil serta rendahnya kesadaran masyarakat terhadap dampak pencemaran udara [9]. Oleh karena itu, kebijakan pengelolaan lingkungan di Denpasar perlu diperkuat melalui pendekatan teknologi digital dan pelibatan masyarakat. Sehingga implementasi kebijakan berbasis *smart city* harus memanfaatkan data yang terintegrasi untuk memantau kualitas udara secara berkelanjutan dan mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti ilmiah.[7]

Meskipun demikian, implementasinya di tingkat daerah masih menghadapi tantangan yang cukup kompleks. Berdasarkan Laporan Kinerja Instansi Pemerintah (LKJIP) Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar tahun 2024, realisasi anggaran pengendalian pencemaran udara hanya mencapai Rp1,85 miliar dari target Rp2,30 miliar atau sekitar 80,43%. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara perencanaan dan pelaksanaan kebijakan di lapangan. Tantangan utama dalam pelaksanaan kebijakan lingkungan di daerah terletak pada lemahnya koordinasi antar instansi dan minimnya kapasitas teknis pemerintah daerah dalam mengelola program berbasis teknologi. Sejalan dengan hal tersebut, [10] menyatakan bahwa keterbatasan ruang terbuka hijau di Kota Denpasar memperburuk kondisi kualitas udara dan menghambat pencapaian target lingkungan yang berkelanjutan. Selain itu, [11] mengungkapkan bahwa masih rendahnya kesadaran masyarakat dan kurangnya dukungan sektor swasta juga menjadi faktor penghambat dalam efektivitas implementasi kebijakan lingkungan. Oleh sebab itu, keberhasilan pelaksanaan *smart city* di Denpasar tidak hanya bergantung pada penguasaan teknologi digital, tetapi juga pada kemampuan tata kelola yang kolaboratif, integrasi lintas sektor, dan dukungan masyarakat yang aktif dalam menjaga keberlanjutan *smart environment*.

Kondisi tersebut menegaskan pentingnya kebijakan publik yang adaptif untuk menjawab persoalan pencemaran udara di Kota Denpasar. Sebagaimana dijelaskan oleh [12] bahwa kebijakan publik merupakan hasil dari proses pengambilan keputusan pemerintah yang bertujuan mencapai kesejahteraan masyarakat, termasuk dalam pelestarian lingkungan. Selain itu, keberhasilan kebijakan lingkungan sangat dipengaruhi oleh kesadaran masyarakat serta peran aktif institusi daerah dalam pelaksanaan program berbasis bukti [9]. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menelaah secara mendalam tantangan pengendalian pencemaran udara berbasis *smart city* di Kota Denpasar dengan mengaitkannya pada teori kebijakan publik dan konsep *smart environment* guna memperoleh pemahaman yang komprehensif terhadap dinamika kebijakan lingkungan berbasis digital di tingkat lokal.

2. Metode Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan *kualitatif*, yang berlandaskan pada pandangan bahwa realitas sosial harus dipahami secara mendalam melalui interaksi langsung dengan subjek penelitian. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada upaya menggambarkan secara rinci dan kontekstual implementasi kebijakan *smart city*, khususnya dimensi *smart environment* dalam mengatasi pencemaran udara di Kota Denpasar. Menurut Kirk dan Miller dalam [13] penelitian kualitatif merupakan tradisi dalam ilmu sosial yang mengandalkan pengamatan terhadap manusia di lingkungan alaminya. Melalui pendekatan ini, peneliti berupaya memahami makna, pandangan, serta pengalaman para pemangku kepentingan dalam menjalankan kebijakan pengendalian polusi udara. Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai implementasi kebijakan *smart city* dalam konteks pengendalian pencemaran udara di Kota Denpasar. Menurut [14], metode deskriptif kualitatif bertujuan menemukan dan memahami fenomena berdasarkan data empiris melalui literatur dan hasil penelitian sebelumnya. Dengan demikian, penelitian ini tidak berupaya melakukan pengujian hipotesis, melainkan memberikan gambaran yang komprehensif tentang kondisi faktual dan proses yang terjadi dalam pelaksanaan kebijakan *smart environment* di lapangan.

Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui wawancara terstruktur dengan informan kunci dari instansi terkait, seperti Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK), Dinas Perhubungan (Dishub), dan Dinas Komunikasi, Informatika, dan Statistik (Diskominfo) Kota Denpasar. Data ini juga didukung oleh hasil observasi lapangan terhadap kualitas udara, pelaksanaan uji emisi kendaraan, serta ketersediaan ruang terbuka hijau. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui dokumen resmi seperti Laporan Kinerja Instansi Pemerintah (LKJIP) DLHK Kota Denpasar, data Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), serta literatur, buku, dan publikasi lain yang relevan dengan topik penelitian. Penelitian ini menggunakan kombinasi data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif berupa informasi *non-numerik* seperti hasil wawancara, catatan observasi, dan dokumen naratif yang membantu memahami fenomena sosial dan kebijakan secara mendalam, sedangkan data kuantitatif berupa data pendukung yang bersumber dari dokumen resmi seperti nilai IKU dan IKLH yang diperoleh melalui laporan DLHK maupun Satu Data Indonesia Provinsi Bali. Kedua jenis data ini saling melengkapi dalam memberikan gambaran menyeluruh mengenai tantangan dan pelaksanaan kebijakan pengendalian pencemaran udara di Kota Denpasar menuju implementasi *smart city* yang efektif.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, observasi, dan studi dokumen. Wawancara dilakukan secara terstruktur agar peneliti dapat memperoleh informasi mendalam dan tetap fokus pada permasalahan penelitian. Observasi dilakukan untuk mengamati secara langsung kondisi di lapangan yang berhubungan dengan pencemaran udara dan kebijakan lingkungan di Kota Denpasar, sementara studi dokumen digunakan untuk memperoleh data melalui catatan tertulis, gambar, dan laporan resmi seperti LKJIP DLHK dan data BPS. Ketiga teknik ini digunakan secara terpadu agar hasil penelitian lebih akurat dan mendalam. Pemilihan informan dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan subjek berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai relevansi dengan penelitian. Informan utama berasal dari instansi yang berwenang dalam pengelolaan lingkungan, transportasi, dan teknologi informasi, yaitu DLHK, Dishub, dan Diskominfo Kota Denpasar. Selain itu, penelitian ini juga melibatkan pihak swasta yaitu *delaer* kendaraan serta perwakilan masyarakat di kawasan padat lalu lintas sebagai penerima dampak langsung kebijakan.

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Denpasar dengan fokus utama pada Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) sebagai instansi pelaksana kebijakan pengendalian pencemaran udara. Lokasi ini dipilih dengan beberapa pertimbangan, antara lain karena Indeks Kualitas Udara (IKU) Denpasar masih tergolong rendah dibandingkan kabupaten lain di Bali, tingginya mobilitas masyarakat, serta keterbatasan ruang terbuka hijau di wilayah

perkotaan. Selain itu, DLHK berperan langsung dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kebijakan lingkungan yang berhubungan dengan upaya mewujudkan *smart environment* sebagai bagian dari Denpasar *Smart City*. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif *kualitatif* yang dilakukan melalui empat tahapan utama yaitu pengumpulan data, reduksi data, penyajian data, dan verifikasi. Pertama, data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi. Kedua, reduksi data dilakukan dengan menyeleksi dan menyederhanakan data agar lebih terfokus. Ketiga, penyajian data dilakukan dalam bentuk uraian naratif yang sistematis untuk mempermudah pemahaman. Terakhir, verifikasi dilakukan guna memastikan keabsahan dan konsistensi data sebelum ditarik kesimpulan akhir.

Untuk menjamin keabsahan hasil penelitian, digunakan dua teknik utama, yaitu meningkatkan ketekunan peneliti dan *triangulasi*. Ketekunan dilakukan melalui observasi dan pencatatan yang berulang agar data yang diperoleh benar-benar akurat dan konsisten, sedangkan *triangulasi* dilakukan baik dari sisi sumber maupun teknik. *Triangulasi* sumber dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dari berbagai narasumber seperti DLHK, Dishub, Diskominfo, dan masyarakat. Sementara *triangulasi* teknik dilakukan dengan mengecek kesesuaian data hasil wawancara dengan hasil observasi dan dokumentasi. Kedua metode ini memastikan data yang digunakan memiliki validitas dan kredibilitas tinggi. Adapun batasan penelitian difokuskan pada kajian mengenai sejauh mana kebijakan pengendalian pencemaran udara dijalankan oleh Pemerintah Kota Denpasar melalui Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) sebagai instansi utama yang bertanggung jawab atas pengelolaan kualitas udara. Pembahasan diarahkan pada proses implementasi kebijakan, tantangan yang dihadapi di lapangan, serta koordinasi antar instansi dalam mendukung penerapan dimensi *Smart Environment*. Cakupan wilayah penelitian terbatas pada area administrasi Kota Denpasar dengan pemanfaatan data primer hasil wawancara serta data sekunder dari dokumen resmi pemerintah. Melalui pendekatan deskriptif *kualitatif*, penelitian ini menitikberatkan pada pemahaman kontekstual terhadap praktik kebijakan di lapangan sehingga menghasilkan gambaran yang mendalam mengenai pelaksanaan *smart city* dalam aspek pengendalian pencemaran udara.

3. Hasil dan Diskusi

Penerapan konsep *smart city* di Kota Denpasar merupakan langkah strategis dalam mewujudkan tata kelola lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *data driven governance*. Melalui pemanfaatan sistem digital seperti Denpasar *Cyber Monitor* (DCM) dan *Air Quality Management System* (AQMS), Pemerintah Kota Denpasar berupaya membangun ekosistem pengelolaan udara yang terhubung, adaptif, dan berkelanjutan. Berdasarkan hasil wawancara, observasi, dan studi dokumen di Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Denpasar, diketahui bahwa pemerintah telah melaksanakan pemantauan kualitas udara sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). Kegiatan pemantauan dilaksanakan oleh UPT Laboratorium Lingkungan dengan dua metode, yaitu *Air Quality Management System* (AQMS) yang beroperasi sejak 2019 di Gedung Swaka Dharma hasil kerja sama dengan Kementerian LHK, serta metode *passive sampler* yang digunakan sejak 2018 dengan dukungan dana APBD. Pemantauan dilakukan dua kali setahun, pada musim hujan dan kemarau, dengan pengambilan sampel udara selama dua minggu untuk kemudian dianalisis di laboratorium. Namun, kegiatan ini sempat terhenti selama pandemi COVID-19 dan kembali dilaksanakan pada tahun 2024. Sehingga kondisi ini menggambarkan upaya pemerintah daerah dalam menjaga kesinambungan data lingkungan sekaligus menunjukkan adanya tantangan dalam keterbatasan sumber daya teknis dan pendanaan daerah. Hal tersebut disampaikan oleh Bapak Kadek Raditya Yoga Semara, S.Si selaku Kepala UPTD Laboratorium Lingkungan DLHK Kota Denpasar yang menyampaikan sebagai berikut :

“Mengenai kualitas udara, dari UPT Laboratorium Lingkungan sendiri melaksanakan pemantauan kualitas udara sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh data yang akurat mengenai kondisi udara ambien di wilayah pemantauan. Pemantauan dilakukan melalui dua metode, yaitu stasiun pemantau kualitas udara otomatis continue yang beroperasi sejak tahun 2019 di Gedung Swaka Dharma melalui kerja sama dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, serta metode passive sampler yang digunakan sejak tahun 2018 dengan dukungan dana APBD. Kegiatan ini sempat terhenti selama pandemi COVID-19 dan kembali dilaksanakan pada tahun 2024. Dalam setahun, metode ini biasanya dilakukan 2 kali, yaitu waktu musim hujan dan musim kemarau, dengan pengambilan sampel udara selama dua minggu untuk kemudian dianalisis di laboratorium.”

Pernyataan tersebut menjelaskan bahwa UPT Laboratorium Lingkungan menghadapi tantangan dalam menjaga keberlanjutan kegiatan pemantauan kualitas udara serta memastikan ketersediaan sumber daya yang memadai. Kegiatan ini dilaksanakan untuk memenuhi ketentuan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), yang menuntut tersedianya data kualitas udara yang akurat dan konsisten. Tantangan utama muncul pada aspek kesinambungan pelaksanaan, terutama karena kegiatan pemantauan sempat terhenti selama pandemi COVID-19 sehingga memengaruhi kelengkapan data. Selain itu, penggunaan dua metode pemantauan yaitu stasiun pemantau kualitas udara ambien dan metode *passive sampler* memerlukan dukungan anggaran, koordinasi antar instansi, serta kemampuan teknis dalam pengambilan dan analisis sampel. Oleh karena itu, fokus utama UPT Laboratorium Lingkungan adalah memastikan kegiatan pemantauan dapat terus berjalan dengan baik dan menghasilkan data yang valid, agar hasilnya dapat dimanfaatkan dalam pengendalian pencemaran serta peningkatan kualitas udara di wilayah pemantauan.



Gambar 1 Kualitas Udara di Kota Denpasar dari situs IQAIR

Berdasarkan Observasi dan studi dokumen yang dilakukan peneliti menunjukkan AQMS membantu menunjukkan kualitas udara secara *real time*, namun informasi tersebut di dapat di kantor pusat pengendalian dan pembangunan ekoregion Bali dan Nusa Tenggara, Selain itu bisa juga melihat kualitas udara melalui aplikasi atau web IQAir yang dimana website ini mencangkup kualitas udara global secara *real time*.

Hasil pengukuran kualitas udara menunjukkan bahwa kondisi udara di Kota Denpasar secara umum masih tergolong baik. Berdasarkan data DLHK tahun 2024, kadar gas pencemar seperti Nitrogen Dioksida (NO_2) dan Sulfur Dioksida (SO_2) tercatat masih berada di bawah baku mutu udara ambien sebagaimana yang ditetapkan dalam regulasi nasional. Meskipun demikian, hasil analisis menunjukkan adanya variasi kadar antar wilayah. Konsentrasi tertinggi terdeteksi di kawasan transportasi padat seperti Pasar Badung, dengan nilai NO_2 sebesar $8,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan SO_2 sebesar $12,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sebaliknya, kadar terendah terukur di kawasan permukiman Jalan Gunung Galunggung. Data tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas kendaraan bermotor masih menjadi faktor utama penyumbang pencemaran udara di wilayah perkotaan Denpasar. Selain itu, terbatasnya ruang terbuka hijau (RTH) serta tingginya kepadatan penduduk turut memperburuk kualitas sirkulasi udara dan menurunkan daya dukung lingkungan perkotaan. Kondisi ini menegaskan perlunya penguatan tata kelola lingkungan yang terintegrasi antara aspek fisik, teknologi, dan sosial agar kebijakan pengendalian pencemaran udara dapat berjalan secara berkelanjutan.



Gambar 1 Kegiatan Uji Emisi Kendaraan

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.3448>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Selain kegiatan pemantauan udara, Pemerintah Kota Denpasar melalui Dinas Perhubungan yang bekerja sama dengan DLHK dan pihak swasta juga melaksanakan program uji emisi kendaraan bermotor sebagai salah satu langkah konkret dalam pengendalian pencemaran. Kegiatan uji emisi dilakukan menggunakan perangkat uji digital yang dapat mendeteksi kadar emisi kendaraan secara otomatis. Hasil pengujian dikonversi ke dalam bentuk data digital dan diintegrasikan dengan sistem Denpasar *Cyber Monitor* (DCM) untuk memperluas basis data emisi kendaraan di wilayah perkotaan. Dimana program ini dilaksanakan secara berkala di sejumlah titik strategis seperti Pasar Badung dan Taman Kota Lumintang. Inisiatif tersebut menjadi bagian dari implementasi kebijakan lingkungan berbasis *smart city* karena melibatkan partisipasi langsung dari masyarakat sebagai pengguna kendaraan bermotor. Program ini menyasar kendaraan umum berbahan bakar bensin dan solar dengan target sekitar 2.000 kendaraan per tahun. Hal tersebut disampaikan oleh Bapak Dewa Gede Oka Adhi Saputra, S.Sos selaku Kepala Bidang Pengendalian, Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan DLHK Kota Denpasar yaitu :

“DLHK Kota Denpasar secara rutin melakukan uji emisi kendaraan bermotor setiap tahun, dengan sasaran kendaraan umum berbahan bakar bensin dan solar. Dalam dua tahun terakhir, targetnya mencapai 2.000 kendaraan, di mana 98% dinyatakan layak operasi dan 2% disarankan untuk servis rutin. Kegiatan ini dilakukan bekerja sama dengan bengkel dan dealer. Lokasi pelaksanaannya antara lain di Swaka Dharma, disana biasanya untuk kendaraan dinas. Selain itu kegiatan ini dilaksanakan juga di Pasar Badung, Pasar Batu Kandik, Living World, kantor DLHK sendiri, dan Trans Studio Mall,. Tempat-tempat tersebut dipilih agar tidak mengganggu lalu lintas karena merupakan area pelayanan publik.”



Gambar 2 1 Surat Rapat Persiapan Uji Emisi dari DLHK Kota Denpasar

Pernyataan tersebut diperkuat oleh pernyataan pihak *dealer* dan dinas perhubungan kota Denpasar yang menyampaikan bahwa mereka menjalin kerja sama dengan DLHK Kota Denpasar dalam melaksanakan program uji emisi tersebut. Pernyataan tersebut semakin diperkuat dengan adanya studi dokumen dari DLHK Kota Denpasar berupa Surat Rapat Persiapan Uji Emisi dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Denpasar, yang menunjukkan bahwa memang benar pelaksanaan kegiatan uji emisi kendaraan bermotor dilakukan melalui kerja sama dengan Dinas Perhubungan Kota Denpasar serta sejumlah *dealer* kendaraan bermotor.

Berdasarkan laporan DLHK 2024, dari 3.097 kendaraan yang diuji, sebanyak 91,4% dinyatakan lulus dan 8,6% tidak lulus uji. Kegiatan ini dilakukan bersama Dinas Perhubungan, bengkel, dan *dealer* kendaraan, dengan lokasi strategis seperti Gedung Swaka Dharma, Pasar Badung, Pasar Batu Kandik, Living World, kantor DLHK, dan Trans Studio Mall. Pemilihan lokasi yang mudah diakses mencerminkan upaya pemerintah menghadirkan pelayanan publik yang efisien tanpa mengganggu arus lalu lintas kota. Dalam hal ini, Dinas Perhubungan turut memperkuat efektivitas program ini. Melalui UPT Pengujian Kendaraan Bermotor, Dinas Perhubungan melaksanakan uji emisi bagi 200 kendaraan ojek daring di Lapangan Lumintang bekerja sama dengan pihak Gojek, serta melakukan pengujian truk sampah milik DLHK pada tahun 2024. Kolaborasi ini menunjukkan sinergi nyata antara pemerintah daerah dan sektor swasta dalam menjaga kualitas udara dan memperluas jangkauan kegiatan uji emisi di ruang publik.

Selain itu, partisipasi masyarakat juga memegang peranan penting dalam keberhasilan program pengendalian udara. Berdasarkan hasil wawancara, penyebaran informasi kegiatan uji emisi dilakukan melalui media sosial

seperti Instagram resmi Pemerintah Kota Denpasar. Strategi ini terbukti efektif meningkatkan partisipasi masyarakat, terutama ketika kegiatan dilaksanakan di lokasi-lokasi strategis seperti Taman Kota Lumintang. Hal tersebut diakui oleh Ni Luh Ayu Kartika selaku masyarakat yang menyampaikan :

“Saya tahu soal uji emisi ini dari instagram, ketika mengetahui lokasi kegiatannya dekat rumah jadinya tertarik buat datang. Menurut saya kegiatan ini bermanfaat karena selain bisa tahu kondisi kendaraan sendiri, kita juga lebih sadar pentingnya jaga kualitas udara, apalagi Kota Denpasar sekarang makin padat kendaraannya”

Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa informasi mengenai kegiatan uji emisi berhasil menjangkau masyarakat melalui media sosial, khususnya Instagram. Kemudahan akses informasi dan lokasi kegiatan yang strategis menjadi faktor yang mendorong masyarakat untuk ikut serta secara sukarela. Selain itu, pernyataan ini juga mencerminkan adanya peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kualitas udara di tengah padatnya aktivitas dan jumlah kendaraan di Kota Denpasar. Artinya, kegiatan uji emisi tidak hanya berfungsi sebagai sarana pemeriksaan kendaraan, tetapi juga sebagai bentuk edukasi lingkungan yang efektif bagi masyarakat.



Gambar 2 2 Informasi mengenai uji emisi yang di unggah di instagram

Berdasarkan hasil studi dokumen dari unggahan akun resmi diskominfo Kota Denpasar, bahwa pada tanggal 24 Juni 2025 telah dilaksanakan uji emisi di Parkir Utara Taman Kota Lumintang. Publikasi ini membuktikan bahwa informasi mengenai pelaksanaan uji emisi memang benar disebarikan melalui media sosial agar dapat menjangkau masyarakat luas. Namun, antusiasme masyarakat mengalami penurunan setelah tidak lagi diberlakukan pemberian souvenir bagi kendaraan yang lulus uji. Saat ini, pemerintah hanya memberikan stiker tanda lulus, sehingga keterlibatan masyarakat lebih bergantung pada kesadaran individu. Meskipun demikian, kegiatan ini tetap memiliki nilai edukatif karena menumbuhkan kesadaran kolektif tentang pentingnya menjaga kualitas udara perkotaan.



Gambar 3 Platform Denpasar Cyber Monitor

Di sisi lain, Dinas Komunikasi, Informatika, dan Statistik (Diskominfo) berperan penting dalam aspek pengelolaan data lingkungan melalui integrasi sistem digital Denpasar *Cyber Monitor* (DCM). Denpasar *Cyber Monitor* (DCM) berfungsi sebagai platform integrasi data berbasis *cloud system* yang menghubungkan data dari berbagai dinas seperti DLHK, Dishub, dan Diskominfo. Melalui sistem ini, informasi kualitas udara dapat ditampilkan secara *real-time*, meskipun integrasinya dengan AQMS masih menghadapi kendala teknis dan jaringan.



Gambar 2 Pengelolaan data dan informasi di Denpasar *Cyber Monitor*

Selain itu, Diskominfo berperan dalam pengelolaan data lingkungan melalui sistem digital Denpasar *Cyber Monitor* (DCM) yang berbasis *cloud computing*. Platform ini mengintegrasikan data dari DLHK, Dishub, dan Diskominfo sehingga informasi kualitas udara dapat dipantau secara *real-time*. Namun, integrasi dengan *Air Quality Management System* (AQMS) masih menghadapi kendala teknis dan keterbatasan jaringan. Namun berdasarkan hasil wawancara dengan pejabat Diskominfo menunjukkan bahwa sistem pemantauan udara masih bergantung pada dukungan alat dari pemerintah pusat. Data dari alat AQMS belum terintegrasi sepenuhnya dengan DCM, sehingga masyarakat belum dapat mengakses informasi kualitas udara secara *real time*. Selain itu, koordinasi antar instansi yang terlibat dalam pengendalian pencemaran udara juga belum sepenuhnya optimal. Kolaborasi antara DLHK, Dishub, dan Diskominfo lebih bersifat administratif daripada kolaboratif. Keterbatasan anggaran turut memperlemah pelaksanaan kegiatan strategis seperti pemeliharaan alat pemantauan, pengawasan lapangan, serta sosialisasi kepada masyarakat. Akibatnya, sinergi kebijakan lintas sektor belum berjalan secara efektif, dan beberapa program belum dapat dilaksanakan secara berkelanjutan.

Tantangan utama dalam penerapan teknologi pengendalian udara mencakup keterbatasan infrastruktur digital, kebutuhan pelatihan teknis bagi operator sistem, serta keterbatasan anggaran pemeliharaan perangkat sensor dan server data. Penguatan kapasitas teknologi menjadi kunci keberlanjutan program *smart environment* di tingkat daerah. Selain itu tantangan lainnya mencakup meningkatnya jumlah kendaraan dan aktivitas industri, keterbatasan sumber daya teknis dan finansial, ketergantungan terhadap teknologi pusat, serta koordinasi antarinstansi yang belum optimal antara DLHK, Dishub, dan Diskominfo. Di sisi lain, belum adanya survei khusus mengenai respon masyarakat terhadap pelaksanaan program uji emisi juga menjadi kendala dalam menilai efektivitas kegiatan. Sebagian masyarakat bahkan mengusulkan agar pemerintah melakukan survei evaluasi yang menilai kemudahan lokasi, kecepatan pelayanan, hingga sikap petugas selama kegiatan berlangsung. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Pemerintah Kota Denpasar telah menunjukkan komitmen kuat dalam mengimplementasikan tata kelola lingkungan berbasis teknologi dan partisipasi publik melalui penerapan konsep *smart city* pada dimensi *smart environment*. Meskipun masih menghadapi berbagai hambatan teknis, koordinatif, dan sosial, langkah-langkah yang ditempuh pemerintah telah menjadi fondasi penting bagi pengembangan sistem pengelolaan udara yang cerdas, terintegrasi, serta berkelanjutan di Kota Denpasar. Upaya integratif antara pemerintah, masyarakat, dan pemanfaatan teknologi diperlukan untuk mewujudkan sistem pengelolaan udara yang adaptif, transparan, dan berkelanjutan di Kota Denpasar.

Kebijakan pengendalian pencemaran udara di Kota Denpasar mencerminkan upaya pemerintah daerah dalam mengimplementasikan prinsip-prinsip tata kelola lingkungan yang berkelanjutan. Berdasarkan hasil penelitian, pemerintah daerah telah menghasilkan berbagai program konkret seperti pemantauan kualitas udara menggunakan

Air Quality Management System (AQMS) dan metode *passive sampler*, serta kegiatan uji emisi kendaraan bermotor yang dilaksanakan di beberapa titik strategis. Program-program tersebut menunjukkan komitmen pemerintah untuk menyediakan sistem pemantauan lingkungan yang berbasis teknologi. Meskipun demikian, pelaksanaan kebijakan masih dihadapkan pada sejumlah kendala seperti keterbatasan sumber daya manusia, keterbatasan finansial, dan ketergantungan terhadap bantuan teknis dari pemerintah pusat. Kondisi tersebut mengakibatkan kegiatan pemantauan udara belum dapat dilakukan secara optimal dan berkelanjutan di seluruh wilayah kota.

Dari sisi sosial, partisipasi masyarakat dalam mendukung kebijakan udara bersih masih tergolong rendah. Antusiasme publik terhadap kegiatan uji emisi menurun sejak dihapusnya insentif bagi peserta, yang menandakan bahwa kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kualitas udara belum tumbuh secara mandiri. Selain itu, koordinasi antar instansi pelaksana seperti DLHK, Dishub, dan Diskominfo masih bersifat administratif, sehingga proses evaluasi dan tindak lanjut kebijakan belum terintegrasi sepenuhnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas kebijakan publik dalam pengendalian pencemaran udara di Denpasar masih dipengaruhi oleh faktor kelembagaan, kapasitas sumber daya, dan partisipasi publik. Dengan demikian, meskipun Pemerintah Kota Denpasar telah mengarahkan kebijakannya pada inovasi berbasis teknologi, efektivitas kebijakan masih perlu diperkuat melalui peningkatan kapasitas daerah dan mekanisme evaluasi lintas sektor yang lebih kolaboratif. Untuk memahami lebih jauh bagaimana kebijakan tersebut diimplementasikan melalui inovasi dan kolaborasi lintas sektor, diperlukan analisis dalam kerangka *smart city*. Pendekatan ini membantu melihat sejauh mana pemanfaatan teknologi dan koordinasi kelembagaan mendukung efektivitas kebijakan pengendalian pencemaran udara di Kota Denpasar.

Konsep *smart city* menjadi landasan penting dalam pengembangan tata kelola lingkungan di Kota Denpasar yang menekankan integrasi antara teknologi, kebijakan, dan partisipasi publik. Pemerintah daerah telah mengembangkan sistem digital *Denpasar Cyber Monitor (DCM)* untuk mengintegrasikan data pemantauan udara dengan hasil uji emisi kendaraan bermotor. Inovasi ini merupakan wujud konkret dari transformasi digital dalam pelayanan publik yang berorientasi pada efisiensi dan transparansi. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapannya masih menghadapi kendala internal, seperti keterbatasan kemampuan pegawai dalam pengoperasian sistem digital dan minimnya pelatihan berkelanjutan. Selain itu, penyebaran informasi lingkungan melalui kanal digital belum sepenuhnya diakses oleh masyarakat, yang menandakan bahwa adaptasi terhadap teknologi masih perlu ditingkatkan agar manfaat sistem dapat dirasakan secara luas.

Dari sisi eksternal, keberhasilan penerapan *smart city* sangat bergantung pada dukungan regulasi, kerja sama antar lembaga, serta peran para pemangku kepentingan. Pemerintah Kota Denpasar telah menjalin kolaborasi dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam pengoperasian alat AQMS serta menggandeng pihak swasta seperti *dealer* kendaraan dalam pelaksanaan kegiatan uji emisi. Namun, bentuk kerja sama ini masih bersifat sementara dan belum diatur dalam perjanjian jangka panjang. Koordinasi antar instansi juga belum berjalan optimal, sehingga integrasi data dan kebijakan belum sepenuhnya sinergis. Oleh karena itu, meskipun penerapan *smart city* di Denpasar telah mencerminkan arah pengembangan kebijakan lingkungan yang modern, dibutuhkan penguatan pada aspek kelembagaan, sumber daya manusia, dan partisipasi publik agar kebijakan ini dapat berkelanjutan.

Dalam konteks yang lebih spesifik, penerapan *smart city* di bidang lingkungan tidak dapat dilepaskan dari dimensi *smart environment*, yang berfokus pada penggunaan teknologi untuk menjaga keberlanjutan ekologis. Oleh karena itu, penting untuk melihat bagaimana Pemerintah Kota Denpasar menerapkan prinsip *smart environment* dalam pengendalian pencemaran udara. Dimensi *smart environment* merupakan bagian integral dari konsep *smart city* yang berfokus pada pemanfaatan teknologi digital untuk menjaga kelestarian dan kualitas lingkungan. Pemerintah Kota Denpasar melalui Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) telah mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis teknologi melalui *Air Quality Management System (AQMS)* dan *Denpasar Cyber Monitor (DCM)*. Kedua sistem ini memungkinkan proses pemantauan udara dilakukan secara *real time* dan memberikan data faktual bagi pengambilan keputusan pemerintah. Pemanfaatan sistem digital ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemantauan, tetapi juga mendukung transparansi informasi publik mengenai kondisi udara di wilayah perkotaan. Penerapan ini sejalan dengan prinsip *smart environment*, yaitu bagaimana teknologi dapat digunakan sebagai alat untuk mencapai tata kelola lingkungan yang efektif dan berkelanjutan.

Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *smart environment* di Kota Denpasar belum sepenuhnya optimal. Masih terdapat ketergantungan terhadap perangkat dan tenaga teknis dari pemerintah pusat, sehingga

kemandirian daerah dalam pengelolaan sistem masih terbatas. Selain itu, tantangan ekologis seperti keterbatasan ruang terbuka hijau dan tingginya kepadatan penduduk turut memperburuk sirkulasi udara dan menurunkan daya dukung lingkungan. Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan *smart environment* tidak hanya memerlukan inovasi teknologi, tetapi juga strategi pengelolaan ruang kota dan peningkatan kesadaran masyarakat untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Dengan memperkuat sinergi antara kebijakan, teknologi, dan partisipasi publik, Pemerintah Kota Denpasar dapat mewujudkan pengelolaan lingkungan yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa kebijakan pengendalian pencemaran udara di Kota Denpasar telah mencerminkan upaya pemerintah daerah dalam mengintegrasikan prinsip kebijakan publik dengan konsep *smart city* dan *smart environment*. Melalui penerapan sistem digital, program uji emisi, serta kerja sama lintas sektor, pemerintah berusaha mewujudkan tata kelola lingkungan yang adaptif dan berkelanjutan. Namun, efektivitas kebijakan masih dipengaruhi oleh keterbatasan sumber daya, koordinasi kelembagaan yang belum optimal, dan rendahnya partisipasi publik. Oleh karena itu, sinergi antara kebijakan, teknologi, dan kesadaran masyarakat menjadi faktor penting dalam memperkuat implementasi kebijakan lingkungan menuju pengelolaan udara perkotaan yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebijakan pengendalian pencemaran udara di Kota Denpasar telah mengarah pada penerapan tata kelola lingkungan yang berbasis teknologi melalui konsep *smart city* dan *smart environment*. Pemerintah daerah telah melaksanakan berbagai program strategis seperti pemantauan kualitas udara menggunakan Air Quality Management System (AQMS) dan passive sampler, serta kegiatan uji emisi kendaraan bermotor yang diintegrasikan melalui sistem digital Denpasar Cyber Monitor (DCM). Upaya tersebut mencerminkan komitmen pemerintah dalam membangun kebijakan berbasis data dan inovasi digital untuk menjaga kualitas udara perkotaan. Namun, efektivitas kebijakan masih dihadapkan pada beberapa kendala seperti keterbatasan sumber daya teknis dan finansial, ketergantungan terhadap dukungan teknologi dari pemerintah pusat, lemahnya koordinasi antarinstansi, serta rendahnya partisipasi masyarakat. Dengan demikian, untuk mewujudkan pengendalian pencemaran udara yang berkelanjutan, diperlukan peningkatan kapasitas daerah dalam pengelolaan sistem digital, penguatan koordinasi lintas sektor, serta pembentukan mekanisme partisipasi masyarakat yang lebih aktif. Integrasi antara aspek kebijakan, teknologi, dan kesadaran sosial menjadi kunci utama dalam memperkuat efektivitas kebijakan lingkungan di Kota Denpasar. Melalui langkah tersebut, pembangunan kota yang cerdas, adaptif, dan berkelanjutan dapat tercapai secara lebih optimal.

Referensi

- [1] I. G. Ayu, N. Kusumasanti, K. Wiwin, D. Wismayanti, and N. W. Supriyayani, "DENPASAR SMART CITY (Studi Kasus : Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar)," pp. 82–98, 2021.
- [2] V. Yoga, P. Ardhana, U. Qamarul, H. Badaruddin, and L. Tengah, "Konsep smart city dalam tata kelola pemerintahan dan pembangunan berkelanjutan," vol. 1, no. 2, pp. 69–74, 2024.
- [3] H. Y. Simatupang, "ANALISIS PELUANG DAN TANTANGAN PEMERINTAH KOTA MEDAN DALAM MENGIMPLEMENTASIKAN SDG TUJUAN 11 DI TINGKAT LOKAL (STUDI KASUS MEDAN SMART CITY)," vol. 1, pp. 180–193, 2023.
- [4] R. N. Nugraha and A. Y. Nahlony, "Strategi Pengembangan Destinasi Wisata Penanganan Pandemi Covid-19 Di Provinsi Bali," vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2023.
- [5] I. M. S. Graha, "PROSES KOTA DENPASAR MENUJU SMART CITY," vol. 4, no. 2, pp. 1–13, 2021, doi: 10.32630/sukowati.v4i2.125.
- [6] Wihanda Putra, "ANALISIS KEBIJAKAN PENGENDALIAN POLUSI UDARA TRANSPORTASI DAN DINAMIKA INDEKS KUALITAS UDARA DI DKI JAKARTA TAHUN 2023 Nugraha," 2023.
- [7] M. N. Ubaidillah, M. R. Fithori, M. Zaini, and A. Mukminin, "Penanggulangan Pencemaran Udara Melalui Peraturan Daerah Pendahuluan Pengendalian Pencemaran Udara Kota Surabaya .," vol. 5, 2024.
- [8] F. Marelda and S. Foralla, "Efektivitas Program Bus Sekolah Oleh Dinas Perhubungan Dalam Menunjang Transportasi Umum Di Kota Denpasar," vol. 2, no. 3, pp. 1–14, 2025.
- [9] P. W. Nugraheni, Y. Fitriingsih, and U. Tanjungpura, "CARBON ABSORBING VEGETATION AND ENHANCEMENT OF ECOSYSTEM," vol. 6, no. 1, pp. 7–14, 2022, doi: 10.23969/jceem.v6i1.5114.
- [10] I. M. A. Mahendras, "PEMBANGUNAN KOTA BERKELANJUTAN," vol. 5, no. 1, pp. 41–49, 2022.
- [11] M. Tua and N. Situmorang, "Inovasi Teknologi dalam Mendukung Penerapan Regulasi Manajemen Keselamatan Proses dan Pengelolaan Lingkungan," vol. 5, no. 2, pp. 759–769, 2025.
- [12] Arafat, *KEBIJAKAN PUBLIK ; TEORI DAN PRAKTIK*. 2023. [Online]. Available: <https://penerbitlitmus.co.id/portfolio/kebijakan-publik-teori-dan-praktis/>
- [13] Mobongi Arten, "Meningkatkan Kemandirian Belajar Melalui Kegiatan Ekstrakurikuler," vol. 2, no. 1, pp. 23–42, 2021.
- [14] M. Waruwu, "Pendekatan Penelitian Kualitatif : Konsep , Prosedur , Kelebihan dan Peran di Bidang Pendidikan," vol. 5, pp. 198–211, 2024.