

# ANALISIS BIBLIOMETRIK PENELITIAN SMART PARKING SYSTEM BERBASIS INTERNET OF THINGS DALAM Mendukung SUSTAINABLE TRANSPORT

Dimas Alfajri Hafidz<sup>1\*</sup>, Prihastuty Widya Mulyani<sup>2</sup>, Rahma Safira Larasati<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD; Jl. Raya Setu No.89 Bekasi, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat; (021) 8254640

## Keywords:

Bibliometric Analysis;  
Internet of Things; Smart  
Parking Management System;  
Sustainable Transportation;  
VOSviewer.

## Correspondent Email:

rsafiraaa03@gmail.com

**Abstrak.** Pertumbuhan urbanisasi yang pesat telah meningkatkan permintaan akan solusi parkir cerdas untuk mendukung transportasi berkelanjutan dan pengembangan kota cerdas. Studi ini bertujuan untuk menganalisis tren penelitian global, pola kolaborasi, dan tema-tema yang muncul terkait dengan Sistem Manajemen Parkir Cerdas berbasis Internet of Things (IoT) melalui pendekatan bibliometrik. Data bibliografi dikumpulkan dari basis data ilmiah internasional dan dianalisis menggunakan VOSviewer untuk memvisualisasikan tren publikasi, jaringan penulisan bersama, kolaborasi institusional, kontribusi negara, dan kemunculan bersama kata kunci. Temuan menunjukkan peningkatan signifikan dalam publikasi selama beberapa tahun terakhir. Hal ini mencerminkan meningkatnya minat akademis pada teknologi parkir yang didukung IoT. China, Amerika Serikat, dan India muncul sebagai kontributor utama. Sementara itu, kolaborasi internasional yang kuat diidentifikasi di antara universitas dan lembaga penelitian utama. Pemetaan kata kunci mengungkapkan bahwa IoT, parkir pintar, kecerdasan buatan, komputasi awan, dan kota pintar saling terkait erat dengan penelitian transportasi berkelanjutan. Hasilnya menunjukkan bahwa manajemen parkir pintar berbasis IoT telah berkembang menjadi domain penelitian multidisiplin yang mengintegrasikan teknologi sensor, analitik data, dan sistem transportasi cerdas. Analisis bibliometrik ini memberikan wawasan berharga tentang arah penelitian saat ini dan menyoroti peluang untuk studi masa depan yang bertujuan mengembangkan solusi parkir perkotaan yang efisien, cerdas, dan berkelanjutan.



Copyright © 2026 The Author(s),  
Published by Jurnal Informatika dan  
Teknik Elektro Terapan. This is an  
open-access article distributed under  
the terms of the Creative Commons  
Attribution-NonCommercial 4.0  
International License (CC BY-NC  
4.0).

**Abstract.** The rapid growth of urbanization has increased the demand for intelligent parking solutions to support sustainable transportation and smart city development. This study aims to analyze global research trends, collaboration patterns, and emerging themes related to Internet of Things (IoT)-based Smart Parking Management Systems through a bibliometric approach. Bibliographic data were collected from an international scientific database and analyzed using VOSviewer to visualize publication trends, co-authorship networks, institutional collaborations, country contributions, and keyword co-occurrence. The findings indicate a significant increase in publications over recent years. This reflects growing academic interest in IoT-enabled parking technologies. China, the United States, and India emerged as the leading contributors. Strong international collaborations were identified among major universities and research institutions. Keyword mapping reveals that IoT, smart parking, artificial intelligence, cloud computing, and smart cities are closely interconnected with sustainable transportation research. The results demonstrate that IoT-based smart parking management has evolved into a multidisciplinary research domain that integrates sensing technologies,

*data analytics, and intelligent transportation systems. This bibliometric analysis provides valuable insights into current research directions and highlights opportunities for future studies aimed at developing efficient, intelligent, and sustainable urban parking solutions.*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi massal telah menyebabkan peningkatan eksponensial jumlah kendaraan bermotor di berbagai wilayah metropolitan. Dinamika ini secara langsung menghasilkan kesenjangan antara volume kendaraan dan ketersediaan infrastruktur parkir. Parkir adalah kondisi di mana kendaraan berada dalam keadaan diam dan tidak bergerak untuk jangka waktu tertentu. Parkir mencakup setiap kendaraan yang berhenti di lokasi tertentu, baik ditandai dengan rambu maupun tidak, dan tidak hanya untuk kegiatan menaikkan atau menurunkan barang atau penumpang [1]. Informasi yang terbatas dan tidak akurat tentang ketersediaan tempat parkir memaksa pengemudi untuk melakukan pencarian berulang kali. Aktivitas repetitif ini tidak hanya secara signifikan berkontribusi pada peningkatan kemacetan lalu lintas, tetapi juga mengekskalasi emisi gas buang dan jejak karbon ekosistem perkotaan. Masalah manajemen parkir yang tidak efisien semakin memperburuk kondisi tersebut dengan munculnya parkir ilegal dan parkir sembarangan, terutama di kawasan perkantoran pemerintah, perguruan tinggi, lembaga publik, hingga fasilitas layanan kesehatan. Sistem manajemen parkir yang ada saat ini masih memiliki masalah yang dimana memerlukan petugas untuk mengarahkan pengendara ke lokasi parkir [2]. Selain itu, seringkali lahan parkir tidak mempertimbangkan kapasitas yang tersedia di bangunan tersebut. Akibatnya, pengendara sering kali menghabiskan waktu berkeliling untuk mencari tempat parkir yang kosong [3].

Mencari tempat parkir telah menjadi permasalahan global yang sering kali membutuhkan waktu dan usaha yang besar. Apabila petugas parkir tidak memperhatikan kapasitas area parkir, pengendara mungkin terpaksa memarkir kendaraan mereka di tempat yang tidak sesuai. Selain itu, pengelolaan fasilitas parkir di pusat perbelanjaan atau mall masih dilakukan secara konvensional dengan butuh bantuan staff parkir, tanpa adanya

pencatatan atau pemeriksaan kendaraan yang masuk dan keluar, sehingga mengakibatkan tingkat keamanan dan kenyamanan di area parkir tersebut masih rendah [4]. Sistem pengelolaan parkir yang masih bersifat konvensional sering kali tidak mampu menjawab tantangan tersebut, terutama dalam hal efisiensi penggunaan lahan, transparansi informasi ketersediaan slot parkir, dan kenyamanan pengguna. Pengemudi sering kali harus menghabiskan waktu dan bahan bakar hanya untuk mencari tempat parkir yang kosong, yang pada akhirnya menyebabkan kemacetan dan peningkatan emisi gas buang. Oleh karena itu, manajemen parkir yang efektif menjadi salah satu komponen penting dalam mendukung sistem transportasi berkelanjutan pada konsep kota pintar (*smart city*). Kebijakan parkir memiliki peranan strategis dalam menjaga efisiensi sistem transportasi sekaligus mengendalikan permintaan lalu lintas.

Seiring berkembangnya zaman, teknologi berkembang begitu pesat sehingga mampu meningkatkan kualitas dan efektivitas kehidupan manusia. Salah satu teknologi pendukung untuk menunjang kehidupan manusia yaitu dengan pemanfaatan internet of things (IoT) [5]. Sebagai respons strategis terhadap tantangan tersebut, paradigma kota cerdas memprioritaskan transformasi digital melalui implementasi *smart parking system* berbasis Internet of Things (IoT). Teknologi parkir pintar seperti kamera, sensor, maupun sistem berbasis drone menawarkan solusi yang mampu mengoptimalkan pengelolaan parkir dan meningkatkan efisiensi perkotaan [6]. Arsitektur IoT mengintegrasikan berbagai perangkat fisik di area parkir, seperti sensor deteksi kendaraan, kamera pemindai, dan aktuator penghalang otomatis untuk saling bertukar data secara real-time melalui jaringan nirkabel tanpa memerlukan intervensi manusia. Dengan adanya sistem informasi yang disediakan di area parkir pemilik kendaraan tidak perlu lagi membuang waktu berkeliling untuk mencari tempat parkir yang tersedia. Pemilik kendaraan hanya perlu memeriksa

informasi saat memasuki area parkir untuk mengetahui lokasi ruang parkir yang tersedia [7]. Bahkan, perkembangan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dan visi komputer (*computer vision*) memungkinkan sistem cerdas melakukan pengambilan keputusan otomatis berdasarkan masukan visual, sehingga pengelolaan parkir dapat dilakukan dengan lebih efektif dan presisi [8].

Seiring dengan perkembangan teknologi, konsep smart city mendorong penerapan sistem parkir berbasis Internet of Things (IoT) [9] menyatakan bahwa penggunaan sensor untuk mendeteksi kendaraan yang parkir dan mengintegrasikannya dengan aplikasi mobile atau platform berbasis web memungkinkan sistem ini memberikan kemudahan bagi pengendara dan meningkatkan pengalaman pengguna. Implementasi teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir dan mengurangi dampak negatif transportasi. Para peneliti sebelumnya telah banyak mengeksplorasi pembahasan akademis seputar implementasi *smart parking system* berbasis IoT. Studi seperti yang dilakukan oleh [10] menyoroti signifikansi integrasi data lalu lintas terpusat untuk mencegah kemacetan di area komersial. Sejalan dengan ini, penelitian eksperimental oleh [11] dan [12] memvalidasi bahwa penggunaan arsitektur sensor nirkabel di dalam ekosistem parkir cerdas memungkinkan pemantauan okupansi kendaraan dengan tingkat presisi yang sangat tinggi. Literatur lain juga mencatat penggunaan teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) yang dipandang sangat efektif dalam mempercepat akses buka-tutup palang pintu secara otomatis tanpa interaksi fisik, yang terbukti secara signifikan mampu memangkas waktu tunggu kendaraan di gerbang [13]. Meskipun literatur teknis terkait rancang bangun perangkat keras dan perangkat lunak terus berkembang, studi komprehensif yang memetakan evolusi literatur *smart parking* pada tingkat makro masih sangat terbatas. Hingga saat ini, literatur yang menilai tren publikasi, melacak pusat penelitian unggulan, dan memetakan topologi jaringan kolaboratif antar lembaga maupun negara masih sangat langka. Padahal, pemetaan bibliografis merupakan instrumen penting untuk mendiagnosis kematangan teknologi dan

mengantisipasi arah tren adopsi *smart parking system* di kancah global.

Mengingat kesenjangan penelitian tersebut, studi ini dilaksanakan untuk menyediakan pemetaan kepustakaan secara komprehensif tentang adopsi teknologi IoT pada ranah *smart parking system* dan manajemen parkir. Untuk mencapai tujuan ini, metode analisis bibliometrik sepenuhnya diadopsi dengan menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Pendekatan bibliometrik diterapkan untuk mengekstrak dan mengevaluasi metadata dari kepustakaan global dalam skala masif, secara objektif dan kuantitatif. Penelitian ini secara khusus difokuskan pada identifikasi tren temporal publikasi ilmiah, visualisasi peta jaringan kolaborasi antarnegara dan institusi pendidikan tinggi, serta deteksi kebaruan topik riset (*research frontier*) yang sedang berkembang. Melalui analisis bibliometrik ini, diharapkan dapat dikonstruksi sebuah landasan empiris dan rekomendasi strategis bagi akademisi, praktisi, dan pembuat kebijakan dalam merancang peta jalan (*roadmap*) infrastruktur *smart parking system* perkotaan yang adaptif, inovatif, dan berkelanjutan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Parkir didefinisikan sebagai kondisi di mana kendaraan berada dalam keadaan diam dan tidak bergerak untuk jangka waktu tertentu, mencakup setiap kendaraan yang berhenti di lokasi tertentu, baik ditandai dengan rambu maupun tidak [1]. Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang pesat di kawasan perkotaan menyebabkan kesenjangan antara volume kendaraan dan ketersediaan infrastruktur parkir, sehingga pengelolaan parkir yang efektif menjadi komponen kritis dalam sistem transportasi berkelanjutan.

Internet of Things (IoT) merupakan konsep interkoneksi objek-objek tertentu melalui jaringan internet yang memungkinkan otomatisasi fungsi tanpa interaksi langsung antar manusia dalam proses pengontrolan dan pemantauan perangkat [14]. IoT berfungsi sebagai pengumpul data dari berbagai objek yang terhubung ke jaringan internet, yang kemudian diolah menjadi informasi dan ditransfer untuk memberikan perintah dan kontrol pada suatu objek. Dalam konteks smart city, IoT berperan sebagai infrastruktur yang

memungkinkan berbagai perangkat berkomunikasi secara online, menjadikannya elemen penting dalam pengembangan kota pintar, mulai dari pengumpulan, pengolahan, hingga analisis data untuk mewujudkan komunitas perkotaan yang lebih berkelanjutan [17].

Smart Parking System berbasis IoT mengintegrasikan berbagai perangkat fisik di area parkir, seperti sensor deteksi kendaraan, kamera pemindai, dan aktuator penghalang otomatis, untuk saling bertukar data secara real-time melalui jaringan nirkabel tanpa memerlukan intervensi manusia [7]. Sistem ini memungkinkan pemilik kendaraan mengetahui ketersediaan slot parkir hanya dengan memeriksa informasi saat memasuki area parkir. Penelitian sebelumnya memvalidasi bahwa arsitektur sensor nirkabel dalam ekosistem parkir cerdas mampu memantau okupansi kendaraan dengan tingkat presisi yang tinggi [11][12]. Teknologi Radio Frequency Identification (RFID) juga terbukti efektif mempercepat akses buka-tutup palang pintu secara otomatis dan memangkas waktu tunggu kendaraan di gerbang [13].

Perkembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dan visi komputer (computer vision) semakin memperkuat kapabilitas sistem parkir cerdas. Sistem Automatic License Plate Recognition (ALPR) berbasis computer vision memungkinkan deteksi simultan beberapa pelat nomor sehingga secara signifikan mengurangi biaya infrastruktur operasional [8][24]. Inovasi terkini memperkenalkan arsitektur Digital Twin yang melakukan sinkronisasi pemantauan okupansi ruang parkir secara real-time melalui algoritma pembelajaran mendalam (deep learning) [23]. Selain itu, penerapan fog computing layer terdistribusi terbukti mengungguli komputasi awan terpusat dalam hal responsivitas karena mampu memproses data sensor secara lokal dekat sumber data [14].

Analisis bibliometrik merupakan metode kuantitatif yang digunakan untuk menganalisis literatur ilmiah, kutipan, dan data bibliografi guna memberikan wawasan tentang produktivitas penelitian, visibilitas, serta pengaruh ilmiah [15]. Pendekatan ini memungkinkan peneliti memahami lanskap penelitian secara menyeluruh dan terstruktur dengan mengolah data dari berbagai artikel dan jurnal. Perangkat lunak VOSviewer digunakan

secara luas dalam analisis bibliometrik untuk menghasilkan tiga jenis visualisasi utama: jaringan (network), overlay, dan kepadatan (density), yang berguna untuk mengeksplorasi tren penelitian, evolusi tema, serta peluang kebaruan topik dalam bidang manajemen transportasi [16]. Tinjauan bibliometrik sebelumnya pada bidang manajemen transportasi publik berbasis pembangunan berkelanjutan menunjukkan bahwa analisis ini efektif memetakan arah riset dan mengidentifikasi celah penelitian yang belum dieksplorasi [16].

Transportasi berkelanjutan (sustainable transport) merupakan kerangka konseptual yang mendorong efisiensi penggunaan sumber daya transportasi sekaligus meminimalkan dampak lingkungan. Sistem smart parking berbasis IoT berkontribusi langsung pada tujuan ini dengan mengurangi waktu pencarian parkir (cruising for parking) yang secara historis menjadi penyebab utama pemborosan bahan bakar dan peningkatan emisi gas buang di area komersial [18]. Penerapan manajemen parkir cerdas yang efisien juga sejalan dengan konsep smart city yang mengintegrasikan teknologi sensor, analitik data, dan sistem transportasi cerdas (Intelligent Transportation Systems) sebagai satu ekosistem terpadu untuk meningkatkan kualitas hidup warga kota [19]. Penelitian sebelumnya menegaskan bahwa smart parking system telah berkembang menjadi domain penelitian multidisiplin yang menghubungkan rekayasa sensor, ilmu komputer, perencanaan perkotaan, dan kebijakan lingkungan dalam satu kerangka inovasi yang komprehensif [19].

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis bibliometrik, yaitu metode kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis dan memetakan perkembangan literatur ilmiah mengenai efektivitas manajemen parkir berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam mendukung *sustainable transport*. Dimana Internet of things (IoT) mengarahkan pada interkoneksi pada objek tertentu yang terhubung melalui jaringan internet antara dengan satu yang lainnya dan memungkinkan otomatisasi fungsi tanpa harus adanya interaksi langsung antar manusia dari proses pengontrolan dan dari monitoring perangkat

tersebut. Internet of Things berfungsi sebagai pengumpulan data yang dihasilkan dari berbagai objek yang terhubung ke jaringan internet yang dimana akan diolah menjadi informasi dan melakukan transfer data sehingga bisa digunakan untuk memberikan perintah dan kontrol pada suatu objek [15]. Pendekatan bibliometrik digunakan untuk mengetahui tren penelitian, pola kolaborasi antar peneliti, serta perkembangan topik yang berkaitan dengan *smart parking* dan *parking management system*. Melalui metode ini, struktur dan perkembangan penelitian dapat dipahami secara sistematis berdasarkan data publikasi ilmiah. Dengan mengolah data dari berbagai artikel dan jurnal, analisis bibliometrik memungkinkan peneliti memahami lanskap penelitian secara menyeluruh dan terstruktur. Bibliometrik adalah bidang yang menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis literatur ilmiah, kutipan, dan data bibliografi lainnya untuk memberikan wawasan tentang produktifitas penelitian, visibilitas, serta pengaruh ilmiah [16].

Variabel yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi kata kunci penelitian (*keywords*), hubungan antar penulis (*authorship*), jumlah sitasi artikel (*citation*), serta jaringan negara dan institusi (*country and institution analysis*). Selain itu, penelitian juga meninjau hubungan antar topik seperti IoT, *smart parking*, *parking management system*, dan *sustainable transport* melalui analisis kemunculan kata kunci secara bersamaan (*co-occurrence*).

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran artikel ilmiah pada database internasional Dimensions.ai. Pencarian data menggunakan kata kunci “Internet of Things”, “Smart Parking”, “Parking Management System”, dan “Sustainable Transport”. Data yang diperoleh kemudian diekspor dalam format *Export for Bibliometric Mapping* agar dapat dianalisis menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Rentang waktu publikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah tahun 2017 hingga awal tahun 2026 untuk melihat perkembangan penelitian selama sepuluh tahun terakhir.

Teknik pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu pemilihan artikel berdasarkan kesesuaian dengan topik penelitian. Artikel yang dipilih

merupakan publikasi yang membahas penerapan IoT pada sistem parkir pintar dan transportasi berkelanjutan. Setelah data terkumpul, dilakukan proses seleksi dan ekstraksi data guna memastikan artikel yang digunakan relevan dan tidak mengalami duplikasi.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk menghasilkan peta visual bibliometrik. VOSviewer menghasilkan tiga jenis visualisasi utama: jaringan, overlay, dan kepadatan, yang digunakan untuk mengeksplorasi tren penelitian, evolusi tema, dan peluang untuk kebaruan topik di bidang manajemen transportasi umum berbasis pembangunan berkelanjutan [17]. Tahapan analisis terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

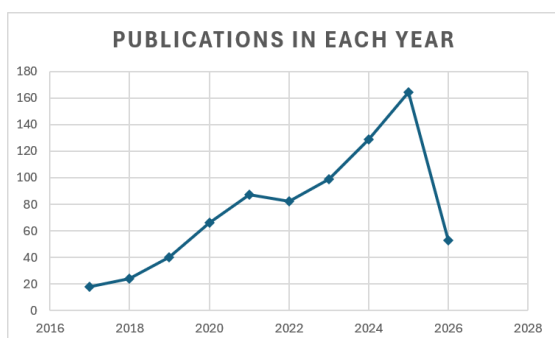
1. Co-occurrence Analysis, digunakan untuk mengetahui hubungan antar kata kunci yang sering muncul bersamaan sehingga dapat mengidentifikasi tren penelitian utama.
2. Authorship Analysis, digunakan untuk melihat kontribusi penulis dan pola kerja sama antar peneliti dalam bidang *smart parking* berbasis IoT.
3. Citation Analysis, digunakan untuk mengukur tingkat pengaruh publikasi berdasarkan jumlah sitasi yang diperoleh.
4. Country and Institution Analysis, digunakan untuk memetakan negara dan institusi yang memiliki kontribusi besar dalam penelitian terkait sistem parkir pintar dan transportasi berkelanjutan.

Hasil visualisasi dari VOSviewer kemudian diinterpretasikan untuk melihat hubungan antar topik, perkembangan tren penelitian, serta pola kolaborasi antar negara dan institusi. Visualisasi jaringan tersebut memberikan gambaran mengenai perkembangan penelitian manajemen parkir berbasis IoT sebagai upaya mendukung sistem transportasi yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti tren, perkembangan, dan pola kolaborasi dalam penelitian smart parking system berbasis IoT. Melalui analisis bibliometrik menggunakan

perangkat lunak VOSviewer, studi ini memetakan kontribusi berbagai institusi, negara, dan peneliti yang terlibat. Hasil pemetaan jaringan menunjukkan bahwa kolaborasi internasional memainkan peran penting dalam mempercepat penelitian di bidang ini. Selain itu, smart parking system terkait erat dengan konsep transportasi berkelanjutan, mengingat fokusnya pada pengurangan kemacetan, peningkatan efisiensi parkir, dan peningkatan mobilitas warga. Oleh karena itu, manajemen parkir berbasis IoT semakin diakui sebagai landasan transportasi cerdas, dan kemitraan lintas batas merupakan kunci untuk mempercepat transfer teknologi dan meningkatkan keandalan sensor modern dan sistem analitik data.



**Gambar 1.** Tren Jumlah Publikasi Tahunan Riset *Smart Parking* Berbasis IoT (2017–2026)

Berdasarkan grafik diatas, penelitian di bidang smart parking berbasis IoT mengalami pertumbuhan pesat, khususnya antara tahun 2022 dan 2025. Pada awal periode pemantauan (2017), jumlah publikasi berada pada titik terendah, hanya dengan 18 artikel, menunjukkan bahwa topik tersebut belum banyak dieksplorasi. Namun, seiring dengan kemajuan pesat konsep smart city dan kebutuhan akan transportasi yang ramah lingkungan, penelitian di bidang ini mengalami peningkatan. Pada tahun 2025, penelitian ini mencapai puncaknya dengan total 164 publikasi. Setelah itu, jumlah publikasi terus meningkat hingga akhirnya mencapai 762 publikasi pada akhir tahun 2026.

Percepatan yang signifikan ini menunjukkan perubahan besar dari cara mengelola parkir biasa ke sistem transportasi yang lebih pintar dan bisa beradaptasi. Sistem ini akan mendukung transportasi yang lebih ramah lingkungan.

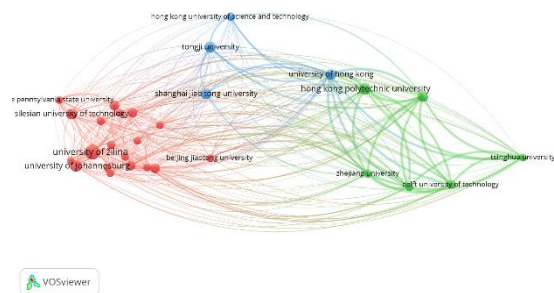
Berdasarkan analisis yang telah dilakukan oleh Dimensions AI, ada beberapa kategori yang menjadi fokus utama, yaitu Commerce, Management, Tourism and Services. Dalam kategori ini, sub-kategori yang paling penting adalah Transportation, Logistics and Supply Chain. Kategori lain yang juga sangat penting adalah perencanaan makro, yaitu Built Environment and Design serta Urban and Regional Planning. Temuan ini menunjukkan bahwa penelitian global saat ini sangat fokus pada cara mengelola transportasi dan logistik dengan lebih baik, serta membuat perencanaan spasial perkotaan yang terintegrasi.

### Tren Kolaborasi Antar Organisasi dan Institusi

Tsinghua University, University of Hong Kong, dan Tongji University memainkan peran penting dalam penelitian smart parking system berbasis IoT di daerah perkotaan melalui kolaborasi global yang mendalam. Peta jaringan ini menggambarkan bagaimana lembaga-lembaga ini bekerja sama dengan berbagai organisasi internasional untuk mengembangkan infrastruktur parkir yang lebih baik.

Penggunaan lembaga-lembaga terkemuka seperti Tsinghua University dan Hong Kong Polytechnic University sebagai titik fokus menunjukkan peran Asia dalam memajukan penelitian rekayasa sensor dan manajemen logistik perkotaan. Sementara itu, kehadiran University of Žilina dan Silesian University of Technology dalam kelompok merah menunjukkan kontribusi signifikan lembaga-lembaga Eropa terhadap pengembangan kota digital.

Dengan visi yang berwawasan ke depan untuk kota-kota, jaringan institusional kolaboratif ini memberikan kontribusi signifikan untuk menjembatani kesenjangan antara penelitian akademis dan aplikasi industri. Mereka memperkaya sistem manajemen lalu lintas modern dan membuat kota menjadi lebih efisien. Tsinghua University, University of Hong Kong, dan Tongji University terus berperan penting dalam mengembangkan sistem parkir yang lebih baik dan terintegrasi.



Gambar 2. Peta Organisasi yang Menggambarkan Hubungan antara Universitas dan Lembaga Penelitian di Bidang Sistem Parkir Cerdas (*Smart Parking System*)

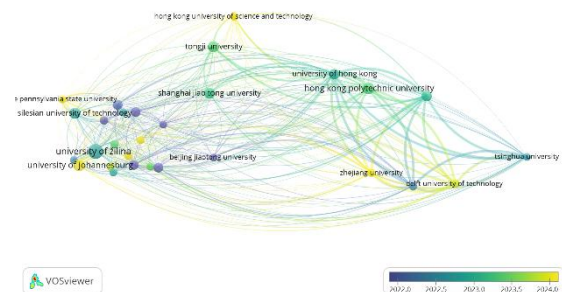
Selanjutnya, analisis kronologis menggunakan overlay visualization memberikan wawasan komprehensif tentang evolusi pusat penelitian dari waktu ke waktu. Dengan menggunakan spektrum warna dari biru tua untuk tahun (2022.0) hingga kuning muda untuk tahun (2024.0), kita dapat melihat tahun publikasi rata-rata untuk setiap institusi.

Pada awalnya, penelitian didominasi oleh warna ungu dan biru, sekitar tahun (2022.0). Pada saat itu, institusi seperti Beijing Jiaotong University dan University of Žilina memelopori kontribusi penelitian dan meletakkan dasar bagi teknologi sistem parkir.

Kemudian, sekitar tahun (2022.0 - 2023.0), jangkauan publikasi meluas secara signifikan hingga mencakup universitas-universitas besar di Asia seperti Tongji University, Shanghai Jiao Tong University, University of Hong Kong, dan Tsinghua University. Periode ini menunjukkan pergeseran dari hijau ke biru kehijauan.

Sementara itu, pada periode penelitian terbaru, sekitar tahun (2023.0 - 2024.0), terdapat pergeseran dinamis yang signifikan dalam tren penelitian. Pada periode ini, yang disebut Kelompok Kuning, universitas seperti Hong Kong University of Science and Technology, Zhejiang University, dan Delft University of Technology mendominasi pilar penelitian terbaru. Keunggulan lembaga-lembaga ini dalam fase terbaru ini menggarisbawahi percepatan laju penelitian global dalam mengintegrasikan teknologi IoT untuk mendukung sistem parkir cerdas dan

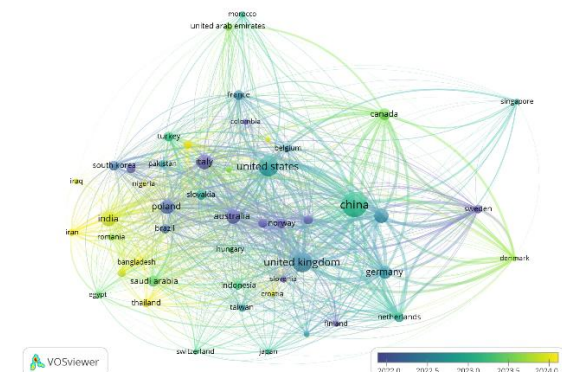
berkelanjutan di kota-kota dalam beberapa tahun terakhir.



Gambar 3. Peta Organisasi dengan Kolaborasi Antar Institusi yang Mencerminkan Evolusi Waktu dan Keterlibatan Negara-Negara Utama Dalam Penelitian Sistem Parkir Cerdas

Dinamika yang ada dalam garis waktu ini menunjukkan bahwa teknologi dikembangkan berdasarkan kebutuhan dan keharusan di setiap daerah. Lembaga-lembaga dari negara berkembang sangat terlibat dalam proses ini, yang menunjukkan bahwa masalah infrastruktur setempat dapat memicu kerja sama global untuk mempercepat penyebaran teknologi. Keterlibatan universitas riset terkemuka dalam proyek smart parking membuktikan bahwa sistem pengelolaan ini tidak hanya tentang teknik perangkat keras, tetapi sudah menjadi sebuah pendekatan yang menyeluruh, efektif, dan berkelanjutan untuk perencanaan kota pintar.

### **Pola Kolaborasi Antar negara dalam Riset *Smart Parking System***



Gambar 4. Peta Jaringan Antar Negara yang Menunjukkan Hubungan antara Negara-Negara Dalam Tren Perkembangan Temporal dalam Penelitian *Smart Parking System*

Dalam peta jaringan tata kelola transportasi makro secara keseluruhan, entitas negara seperti China, Amerika Serikat, dan India merupakan negara dengan kontribusi publikasi terbesar dalam penelitian sistem parkir pintar berbasis IoT. China dan India mewakili dua pusat terbesar di kawasan Asia, sebuah realitas yang didorong oleh kebutuhan mendesak untuk mengatasi kemacetan lalu lintas perkotaan dan permintaan parkir di kedua negara tersebut. Besarnya volume publikasi dan konsentrasi lembaga penelitian dari kawasan ini mencerminkan kekuatan regulasi dalam mendorong adopsi teknologi kota pintar secara luas. Akibatnya, kedua negara ini berada di garis depan eksperimen, mengembangkan standar otonomi spasial, dan menerapkan sistem parkir pintar dalam skala komprehensif untuk smart city. Di sisi lain, Amerika Serikat memainkan peran penting dalam penelitian ini melalui kontribusinya pada arsitektur jaringan nirkabel canggih, protokol keamanan siber, dan analitik big data, yang membentuk dasar sistem manajemen parkir pintar modern. Peran ini semakin diperkuat oleh kebutuhan mendesak akan Internet of Things (IoT), yang melibatkan sensor, middleware, cloud computing, dan big data analytics sebagai komponen utama dalam pengolahan data transportasi cerdas secara real-time. Sehingga pengguna dapat mengetahui ketersediaan parkir secara cepat, sementara pengelola kota dapat mengurangi kemacetan dan meningkatkan efisiensi lalu lintas.

Analisis kronologis menggunakan peta overlay visual memberikan gambaran komprehensif tentang tren perkembangan penelitian di berbagai negara berdasarkan waktu publikasi rata-rata, dengan spektrum warna yang bergerak dari biru keunguan (2022.0) hingga kuning terang (2024.0). Perlu dicatat bahwa negara-negara dengan otoritas teknologi tradisional dan publikasi awal berada dalam kisaran biru hingga ungu tua (sekitar 2022.0), seperti Australia, Italia, Korea Selatan, dan Swedia. Menariknya, terdapat percepatan signifikan dalam kuantitas publikasi perintis selama periode tahun 2023 hingga 2024 yang diwakili oleh kisaran warna hijau hingga kuning muda terang. China, India, Arab Saudi, dan Korea Selatan adalah pemimpin kuat dalam fase penelitian kontemporer ini. Lonjakan publikasi baru-baru ini dari Timur Tengah dan Asia menunjukkan bahwa penelitian tentang sistem

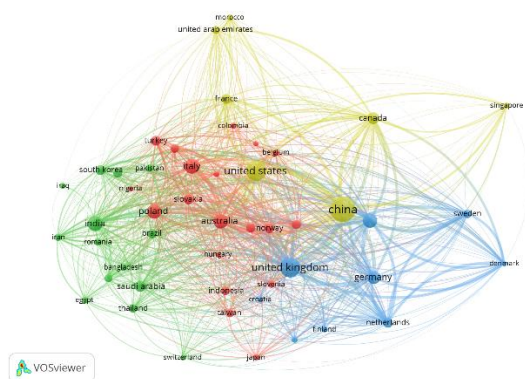
parkir pintar canggih merupakan pilar regional strategis untuk keberhasilan proyek infrastruktur kota pintar berskala besar (seperti inisiatif Visi 2030 Arab Saudi).

Keterkaitan antar negara-negara dalam bidang penelitian ini menyoroti pola kolaborasi global yang terus berkembang. Sinergi lintas batas ini mencerminkan upaya multidisiplin untuk mengintegrasikan kekuatan Asia yang berkembang dalam manufaktur sensor IoT dengan keandalan komputasi awan dan arsitektur AI yang didominasi oleh negara-negara Barat. Melalui jaringan kemitraan global ini, teknologi dan pengetahuan ditransfer ke seluruh dunia, termasuk ke negara-negara berkembang seperti Indonesia.

Selanjutnya, Amerika Serikat dan Inggris telah memberikan kontribusi yang berfokus pada standarisasi fungsionalitas dan efisiensi sistem parkir pintar. Publikasi ilmiah dari kedua negara ini secara ekstensif membahas integrasi sistem manajemen parkir pintar dengan sistem kendaraan otonom dan jaringan navigasinya (Internet of Vehicles). Fokus riset tersebut diarahkan untuk memvalidasi performa pemantauan okupansi slot kendaraan secara real-time, menciptakan sinergi antara efisiensi tata ruang kota dengan reduksi durasi pencarian parkir (*cruising for parking*) demi mencapai target transportasi perkotaan yang berkelanjutan (*sustainable transport*). Negara-negara dengan tingkat urbanisasi tinggi cenderung lebih aktif mengembangkan inovasi ini karena sistem parkir pintar dianggap mampu membantu menciptakan transportasi yang lebih efisien, modern, dan mendukung konsep kota cerdas di masa depan.

Meskipun negara-negara berkembang seperti Nigeria, Irak, Kolombia, dan Bangladesh memiliki ukuran simpul (*node*) yang relatif kecil, mereka tetap terhubung secara konsisten dalam peta sebagai bagian dari kajian global perparkiran digital. Walaupun menghadapi keterbatasan modal riset dan kapasitas infrastruktur lokal, negara-negara ini tetap memberikan kontribusi melalui penelitian yang berfokus pada penerapan sensor parkir cerdas berbiaya rendah (*low-cost*) serta manajemen mobilitas berbasis komputasi intermediet sebagai solusi praktis untuk mengatasi kemacetan di wilayah masing-masing. Kehadiran mereka menunjukkan

bahwa kebutuhan akan digitalisasi sistem perparkiran cerdas telah berkembang menjadi isu global yang mendesak dan tidak lagi terbatas pada dominasi teknologi negara-negara maju semata. Hubungan struktural lintas batas tersebut mengindikasikan adanya proses transfer teknologi dan pertukaran pengetahuan (*knowledge spillover*) secara internasional dalam upaya mengembangkan platform perparkiran cerdas yang inovatif, efisien, dan berkelanjutan.



Gambar 5. Peta Jaringan Antarnegara yang Menunjukkan Kolaborasi Global dalam Penelitian *Smart Parking System*

Peta jaringan tersebut merepresentasikan jaringan antarnegara yang menunjukkan kolaborasi global dalam penelitian *smart parking system* berbasis *Internet of Things* (IoT). Visualisasi jaringan ini memperlihatkan tata kelola transportasi makro secara keseluruhan, entitas negara seperti China, United States, dan India merupakan negara dengan kontribusi publikasi terbesar dalam penelitian *smart parking system* berbasis IoT. China dan India menjadi pusat yang mewakili kawasan Asia, sebuah realitas yang didorong oleh kebutuhan mendesak untuk mengatasi kemacetan lalu lintas perkotaan serta tingginya permintaan parkir. Besarnya volume publikasi dan konsentrasi lembaga penelitian dari kawasan ini mencerminkan kekuatan regulasi dalam mendorong adopsi teknologi kota pintar secara luas. Akibatnya, kedua negara ini berada di garis depan eksperimen dalam mengembangkan standar otonomi spasial serta menerapkan sistem parkir pintar dalam skala komprehensif untuk mendukung konsep *smart city*. Langkah pengujian fungsionalitas dan interkoneksi antarkawasan tersebut sejalan dengan fakta bahwa IoT merupakan

infrastruktur yang memungkinkan perangkat saling berkomunikasi melalui internet guna menyediakan komponen penting kota cerdas, seperti pengumpulan, pemrosesan, analisis data, hingga penanganan aplikasi demi mewujudkan komunitas perkotaan yang berkelanjutan [18].

Selanjutnya, integrasi multiteknologi yang tervisualisasi dalam jaringan kemitraan global ini merefleksikan pergeseran paradigma riset yang bergerak menuju kematangan teknologi (*technological maturity*). Pembahasan ilmiah saat ini membuktikan bahwa efisiensi pengelolaan parkir cerdas tidak lagi bertumpu secara terisolasi pada perangkat fisik di lapangan, melainkan pada kemampuan integrasi sistem secara vertikal. Menerapkan sistem kontrol dan pemantauan parkir waktu nyata (*real-time*) yang efisien serta andal memiliki tantangan tersendiri akibat sifat lingkungan perparkiran yang dinamis [19]. Kondisi tersebut menjadikan sinkronisasi komponen perangkat keras sensor dengan platform analitik perangkat lunak berbasis komputasi awan sebagai fokus riset yang krusial saat ini. Melalui pola interkoneksi yang kian solid antar-pemegang otoritas teknologi ini, perumusan arsitektur IoT yang memiliki interoperabilitas tinggi diharapkan dapat membantu para peneliti dan pembuat kebijakan untuk mengidentifikasi sistem parkir cerdas yang paling sesuai dan memahami tren terkini di sektor tersebut [20] demi merancang platform perparkiran digital yang adaptif terhadap berbagai karakteristik arsitektur perkotaan di seluruh dunia.

Pada akhirnya, struktur konektivitas makro yang tervisualisasi membuktikan bahwa riset mengenai sistem perparkiran cerdas telah bertransisi menjadi isu transportasi global yang bersifat universal. Sinergi lintas batas antarnegara menjadi prasyarat mutlak untuk mengisi celah keterbatasan teknis dan operasional yang selama ini melingkupi tata kelola transportasi konvensional. Di tengah tingginya tantangan dinamis untuk mengintegrasikan komponen perangkat keras dan perangkat lunak secara andal, jalinan kemitraan strategis global ini memegang peran kunci dalam merumuskan standarisasi internasional demi tercapainya efisiensi tata ruang kota cerdas yang berkelanjutan [19].

### Keterlibatan Penulis dalam Penelitian *Smart Parking System*

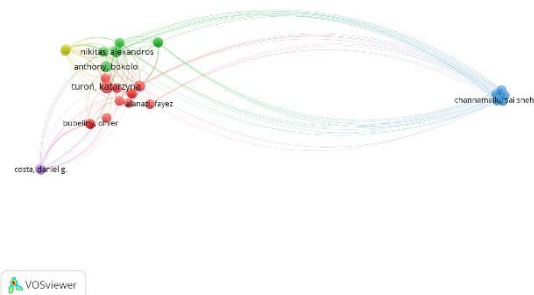
Peta kolaborasi antar penulis dalam domain riset *smart parking system* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggambarkan keterlibatan serta topologi interaksi para peneliti yang memiliki peran strategis dalam pengembangan bidang ini. Berdasarkan visualisasi jaringan (Gambar 6), struktur kepenulisan bersama (*co-authorship*) mengonfirmasi eksistensi beberapa kelompok riset inti (*core research groups*) yang memperkuat keahlian mereka pada aspek-aspek spesifik teknologi perparkiran cerdas.

Analisis jaringan kolaborasi antar-penulis (*co-authorship*) memperlihatkan struktur kemitraan akademis yang terbagi ke dalam beberapa klaster kelompok peneliti secara global. Berdasarkan peta jaringan tersebut, kelompok peneliti di dalam klaster merah yang dipimpin oleh Turoń, Katarzyna, Alanazi, Fayeze, dan Bubeliny, Oliver aktif membangun kolaborasi yang solid guna memformulasikan fungsionalitas otomasi transportasi serta pengelolaan infrastruktur di perkotaan yang padat. Fokus riset dari kelompok ini sejalan dengan optimalisasi penentuan lokasi fasilitas parkir pintar yang efisien guna menyeimbangkan variabel biaya konstruksi dan cakupan wilayah pelayanan.

Di sisi lain, terdapat interaksi yang sangat erat pada klaster hijau yang ditempati oleh para peneliti seperti Nikitas, Alexandros dan Anthony, Bokolo. Kelompok ini mendedikasikan riset mereka pada pemrosesan data berbasis internet untuk segala (IoT) serta ekosistem komputasi awan (*cloud computing*). Integrasi infrastruktur digital ini sangat krusial karena sistem manajemen parkir modern membutuhkan model analitik yang andal untuk memprediksi mobilitas urban secara real-time.

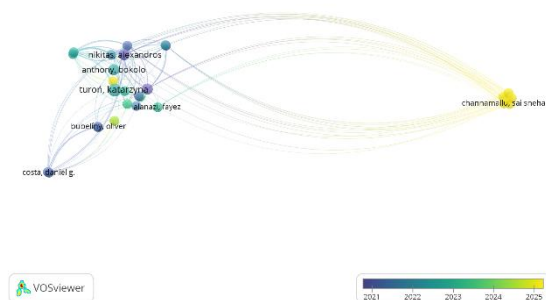
Pola interkoneksi pada peta juga menunjukkan garis hubung melengkung yang konsisten menuju klaster biru di sisi kanan yang didominasi oleh Channamallu, Sai Sneha. Hal ini menandakan terjadinya proses transfer teknologi dan pertukaran pengetahuan (*knowledge spillover*) secara internasional, termasuk dalam pengujian performa pemantauan okupansi slot kendaraan menggunakan sensor dan algoritma pengenalan pelat nomor otomatis guna menghemat durasi

pencarian parkir (*cruising for parking*) demi mencapai target transportasi berkelanjutan.



Gambar 6. Peta Kolaborasi Antar Penulis yang Menggambarkan Keterkaitan antara Peneliti dalam Riset *Smart Parking System*

Peta kolaborasi ini juga menyoroti evolusi dan tren yang berkembang dalam interaksi antar peneliti internasional yang semakin intensif dari tahun ke tahun. Spektrum warna pada visualisasi temporal (Gambar 7) gradasi warna dari biru tua ke kuning cerah merepresentasikan diversifikasi paradigma riset *smart parking system* secara berkala. Pada fase awal (2021–2022) didominasi oleh simpul biru keunguan yang dipelopori oleh peneliti seperti Costa, Daniel G., Nikitas, Alexandros, dan Bubeliny, Oliver yang berfokus pada fondasi rekayasa transportasi cerdas serta infrastruktur jaringan digital fundamental. Memasuki periode pertengahan (2023–2024), tren bergeser dari kelompok penulis seperti Anthony, Bokolo, Turoń, Katarzyna, dan Alanazi, Fayeze (simpul hijau menuju toska). Fase ini berfokus pada optimasi spasial penentuan lokasi fasilitas parkir bawah tanah guna mengatasi kelangkaan lahan di area padat. Puncaknya, pada fase mutakhir (2024–2025), terjadi lonjakan riset terbaru yang ditandai oleh simpul kuning cerah dari penulis Channamallu, Sai Sneha. Fase terkini ini membawa metodologi inovatif yang berfokus pada kecerdasan buatan, arsitektur *Digital Twin*, pemrosesan *fog computing*, dan otomasi pengenalan pelat nomor untuk meningkatkan efisiensi energi sistem parkir secara berkelanjutan.



Gambar 7. Peta Hubungan Antar Penulis yang Menggambarkan Evolusi Waktu Publikasi (*Overlay Visualization*) dalam Riset *Smart Parking System*

Tinjauan komprehensif tentang tata kelola transportasi mengungkapkan pertumbuhan signifikan dalam penelitian global smart parking system berbasis IoT. Pada tahap awal pengembangan, negara-negara dengan infrastruktur teknologi yang kuat mendominasi publikasi ilmiah, memainkan peran utama dalam mengembangkan konsep inti parkir digital. Penelitian difokuskan pada pengujian fungsi dasar sistem dan upaya konektivitas lokal. Fase awal ini selaras dengan peran strategis IoT sebagai infrastruktur yang memungkinkan berbagai perangkat untuk berkomunikasi secara online, menjadikannya elemen penting dalam pengembangan kota pintar. Ini termasuk pengumpulan, pengolahan, dan analisis data, serta manajemen aplikasi, semuanya bertujuan untuk menciptakan komunitas perkotaan yang lebih berkelanjutan. Pada tahap ini, penelitian umumnya berfokus pada penggunaan sensor nirkabel sederhana untuk memantau hunian parkir [21].

Memasuki fase pertengahan yang ditandai dengan pergeseran orientasi kelembagaan (2022.5–2023.0), pusat publikasi berkembang secara signifikan hingga mencakup universitas-universitas besar di Asia dan Eropa Barat. Akselerasi riset pada periode ini didorong oleh tuntutan penyelesaian konflik struktural antara kelangkaan lahan perkotaan dan lonjakan permintaan ruang parkir. Berbeda dengan riset awal yang cenderung linier pada perangkat keras, temuan pada fase pertengahan ini membuktikan pergeseran ke arah metode optimasi multi-objektif menggunakan algoritma genetika (NSGA-II) dan pemetaan

spasial berbasis GIS untuk menentukan lokasi fasilitas parkir bawah tanah di area urban berkepadatan tinggi guna menyeimbangkan variabel kenyamanan pengguna, efisiensi cakupan wilayah, dan kelayakan biaya konstruksi [22].

Perkembangan teknologi ini mencapai puncaknya pada periode terkini (2023.5–2025.0). Di era kematangan teknologi ini, fokus penelitian global bergeser secara signifikan dari manajemen spasial statis ke arsitektur dinamis berbasis AI. Pergeseran ini berakar dari kebutuhan akan sistem parkir yang beradaptasi dengan fluktuasi permintaan harian dan pengaruh faktor eksternal. Tidak seperti sistem integrasi informasi tradisional, yang meningkatkan biaya operasional karena transmisi data yang tidak efisien [23], inovasi kontemporer telah berhasil menunjukkan kinerja pemantauan okupansi ruang parkir secara real-time melalui sinkronisasi kembar digital dengan algoritma pembelajaran mendalam [24].

Selain itu, pengenalan sistem pemrosesan citra digital otomatis tunggal (*computer vision*) untuk deteksi simultan beberapa pelat nomor (*Automatic License Plate Recognition/ALPR*) telah secara signifikan mengurangi biaya infrastruktur operasional [25]. Efisiensi ini kian diperkuat oleh penerapan *fog computing layer* terdistribusi yang terbukti secara teoritis mengungguli komputasi awan terpusat dalam hal responsivitas karena mampu memproses data sensor secara lokal dekat dengan sumber data [14].

Implikasi ilmiah dari integrasi multi-teknologi ini menegaskan keberhasilan sistem dalam mengatasi keterbatasan operasional manajemen transportasi tradisional. Sinergi dalam pemantauan okupansi waktu nyata ini dapat secara substansial mengurangi waktu parkir (*cruising for parking*), yang secara historis merupakan penyebab utama pemborosan bahan bakar dan polusi udara di area komersial. Oleh karena itu, perkembangan penelitian yang diilustrasikan dalam peta visual memberikan landasan teoritis yang kuat bagi perencana kota untuk memposisikan sistem parkir pintar sebagai pilar strategis mutlak dalam mendukung tujuan transportasi perkotaan berkelanjutan di masa depan

## 5. KESIMPULAN

Penelitian bibliometrik ini berhasil memetakan perkembangan global riset *smart parking system* berbasis Internet of Things (IoT) dalam mendukung transportasi berkelanjutan (*sustainable transport*). Secara keseluruhan, tren publikasi ilmiah menunjukkan pertumbuhan yang sangat signifikan, terutama antara tahun 2022 hingga 2025, dengan lonjakan dari 18 artikel pada tahun 2017 menjadi 164 publikasi pada tahun 2025. Hal ini mencerminkan meningkatnya urgensi global dalam menghadapi tantangan kemacetan perkotaan dan keterbatasan lahan parkir yang tidak mampu diatasi oleh sistem konvensional. Tiongkok, Amerika Serikat, dan India mendominasi kontribusi publikasi, didukung oleh kolaborasi institusional yang kuat antara universitas-universitas terkemuka seperti Tsinghua University, University of Hong Kong, dan Tongji University. Pemetaan kata kunci mengungkapkan bahwa IoT, kecerdasan buatan, komputasi awan, dan kota pintar saling berkaitan erat dalam kerangka penelitian transportasi berkelanjutan, menandakan evolusi domain ini menjadi kajian multidisiplin yang komprehensif. Analisis kolaborasi antarpenulis pun memperlihatkan terbentuknya kluster-kluster peneliti inti yang mengembangkan aspek-aspek spesifik, mulai dari rekayasa sensor, optimasi spasial, hingga arsitektur berbasis AI dan *Digital Twin*, yang secara kolektif mendorong efisiensi sistem parkir perkotaan di masa depan

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Program Studi Transportasi Darat Sarjana Terapan dan Institusi afiliasi penulis yang telah menyediakan fasilitas dan sumber daya akademik yang diperlukan selama proses penelitian berlangsung. Penulis juga mengapresiasi kontribusi para peneliti dan akademisi yang karyanya menjadi rujukan dalam studi bibliometrik ini, serta tim pengelola basis data Dimensions.ai yang menyediakan akses terhadap data bibliografi ilmiah secara terbuka. Tidak lupa, penulis menyampaikan penghargaan kepada Dewan Redaksi dan Mitra

Bestari Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET) atas kesempatan publikasi serta masukan konstruktif yang diberikan guna meningkatkan kualitas naskah ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang sistem transportasi cerdas dan berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. P. Numberi, P. Bahtiar, and J. J. Numberi, "Analisis Karakteristik Parkir terhadap Kebutuhan Ruang Parkir di Pasar Central Hamadi Kota Jayapura Analysis of Vehicle Parking Characteristics on the Need for Vehicle Parking Spaces at the Hamadi Central Market Jayapura City Informasi artikel," *J. Asimetri J. Ilm. Rekayasa dan Inov.*, vol. 3, pp. 57–70, 2021.
- [2] F. B. A. Putra and L. Hayat, "Rancang Bangun Miniatur Sistem Parkir Cerdas Bertingkat Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.30595/jrre.v3i1.9643.
- [3] S. Bahri and D. Durbin Hutagalung, "Sistem Parkir Cerdas Berbasis Internet Of Things," *Oktal*, vol. 2, no. 11, pp. 2928–2938, 2023.
- [4] B. Trengginas, H. Handayani, and ..., "Rancang Bangun Sistem Parkir Otomatis pada Kampus UBP Berbasis IoT," *Sci. Student J. Information, Technol. Sci.*, vol. III, pp. 268–283, 2022.
- [5] G. R. Koten, H. Probodinanti, J. D. Tamba, K. Saputri, S. A. Kwa, and P. K. Dewa, "kebutuhan pengembangan smart city," vol. 1, no. 1, pp. 49–59, 2023.
- [6] R. Gandhi, S. Nagarajan, J. Chandramohan, A. Parimala, and &dr V. S. Arulmurugan, "IoT based Automatic Smart Parking System with EV-Charging Point in Crowd Sensing Area," *Ann. R.S.C.B.*, vol. 25, no. 6, pp. 6398–6409, 2021.
- [7] A. R. Yuliantara, A. S. Wibowo, and N. Prihatiningrum, "Sistem Informasi Lokasi Slot Parkir Kosong Berbasis Internet Of Things pada Gedung Parkir Bertingkat," *e-Proceedings Eng.*, vol. Vol. 9, no. No. 3, pp. 825–837, 2022.
- [8] N. Awalganekar, P. Bartakke, and R. Chaugule, "Automatic License Plate Recognition System Using SSD," *2021 Int. Symp. Asian Control Assoc. Intell. Robot. Ind. Autom. IRIA 2021*, no. September, pp. 394–399, 2021, doi: 10.1109/IRIA53009.2021.9588707.
- [9] B. Sutisna and D. Novita, "Implementasi Internet of Things (IoT) dan Sensor Cerdas

- dalam Optimalisasi Manajemen Sistem Parkir,” *MUARA Tek. J. Ilm. Ilmu Tek. Mesin, Ind. Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–20, 2025.
- [10] A. Maulana, A. Syazili, and M. Ariandi, “Perancangan Perangkat Lunak Sistem Parkir Kendaraan Menggunakan Metode Design Thinking,” vol. 4, no. 5, pp. 2646–2656, 2024, doi: 10.30865/klik.v4i5.1764.
- [11] S. L. Ilmaghfiroh, “Sistem Monitoring Slot Parkir Berbasis Esp32 Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan Web Dashboard Iot Abstrak,” vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2026.
- [12] D. A. Wibowo, R. A. Dhafin, R. J. Tumewang, and Y. Servanda, “Perancangan Smart Parking Berbasis IOT Untuk Pengelolaan Parkir,” vol. 11, no. 1, pp. 36–41, 2025.
- [13] R. Setiawan, L. D. Samsumar, A. Akbar, M. Zulpahmi, U. T. Mataram, and K. Mataram, “SISTEM PENGELOLAAN RUANG PARKIR BERBASIS INTERNET OF,” vol. 2, no. 1, pp. 595–607, 2024.
- [14] M. A. Ala'anzy, A. Abilakim, R. Zhanuzak, and L. Li, “Real time smart parking system based on IoT and fog computing evaluated through a practical case study,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–19, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-15507-6.
- [15] A. R. Azhar *et al.*, “MONITORING AIR BERBASIS MENGGUNAKAN MODUL ESP8266,” vol. 12, no. 1, pp. 218–228.
- [16] P. Amelia and N. Qamariah, “Analisis Bibliometrik Penelitian Pengobatan Herbal Penderita Asma Vos-Viewer,” *Prepotif J. Kesehat. Masy.*, vol. 9, no. 1, pp. 2092–2105, 2025, doi: 10.31004/prepotif.v9i1.43833.
- [17] V. Sulistyana and D. Cristyani, “A Bibliometric Analysis of Public Transportation Management-Based Sustainable Development,” vol. 20, no. 2013, pp. 235–271, 2025.
- [18] F. Zeng, C. Pang, and H. Tang, “Sensores en sistemas de Internet de las cosas para el desarrollo sostenible de ciudades inteligentes: una revisión sistemática de la literatura - Sensors on Internet of Things Systems for the Sustainable Development of Smart Cities: A Systematic Literature Review,” *Sensors*, vol. 24, no. 7, 2024.
- [19] A. O. Elfaki, W. Messoudi, A. Bushnag, S. Abuzneid, and T. Alhmiedat, “A Smart Real-Time Parking Control and Monitoring System,” *Sensors*, vol. 23, no. 24, 2023, doi: 10.3390/s23249741.
- [20] A. Fahim, M. Hasan, and M. A. Chowdhury, “Smart parking systems: comprehensive review based on various aspects,” *Heliyon*, vol. 7, no. 5, p. e07050, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07050.
- [21] A. Ashraf and M. J. Idrisi, “Smart and Sustainable Public Transportation - A Need of Developing Countries,” *Int. J. Networked Distrib. Comput.*, vol. 12, no. 1, pp. 144–152, 2024, doi: 10.1007/s44227-024-00023-2.
- [22] X. Li, Y. Guo, Z. Liu, D. Sun, Y. Liu, and W. Wang, “A study on multi-objective optimization for the location selection of smart underground parking facilities in high-density urban areas of megacities: A case study of Jing'an district, Shanghai,” *PLoS One*, vol. 20, no. 6 June, pp. 1–29, 2025, doi: 10.1371/journal.pone.0326455.
- [23] J. Li, R. Zhang, Y. Jin, and H. Zhang, “Optimal Path of Internet of Things Service in Supply Chain Management Based on Machine Learning Algorithms,” *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/4844993.
- [24] F. Piccialli, S. Amitrano, D. Cerciello, A. Borrelli, E. Prezioso, and M. Canzaniello, “A digital twin framework for urban parking management and mobility forecasting,” *Nat. Commun.*, vol. 16, no. 1, 2025, doi: 10.1038/s41467-025-65306-w.
- [25] G. Pradhan, M. R. Prusty, V. S. Negi, and S. Chinara, “Advanced IoT-integrated parking systems with automated license plate recognition and payment management,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–17, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-86441-w.