

Pemilihan Lokasi Stasiun *Bike Sharing* di Kota Surakarta Menggunakan Metode TOPSIS Berbasis GIS dan Open Data

Selection Bike Sharing Station Site in Surakarta City Using GIS-Based TOPSIS Method and Open Data

Elisa Harlia Sandi^{1*}, Muhammad Rizal Fernandita Pamungkas²

¹Magister Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Diponegoro

²Program Studi D-IV Sistem Informasi Kota Cerdas Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

*Penulis korespondensi. e-mail: elisa.liasandi@gmail.com

(Diterima: 8 Oktober 2023; Disetujui: 27 Desember 2023)

Abstrak

Transportasi perkotaan yang berbasis mobilitas aktif telah menjadi komponen penting dalam sistem transportasi perkotaan di seluruh dunia. Mobilitas aktif merupakan mobilitas yang melibatkan aktivitas fisik seperti berjalan, bersepeda maupun moda transportasi selain kendaraan bermotor. Selain mengurangi kemacetan lalu lintas dan polusi udara, mobilitas aktif juga mendorong aktivitas fisik dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Pasca pandemi Covid-19, kesadaran terhadap kesehatan dan transportasi ramah lingkungan menjadi perhatian di seluruh dunia. Moda transportasi bersepeda telah menjadi bagian transportasi perkotaan yang ramah lingkungan dan saat ini pengembangan sistem bike sharing telah banyak digunakan di banyak negara. Sistem bike sharing merupakan sistem berbagi sepeda secara bersama-sama dengan karakteristik untuk perjalanan jarak dekat dan penggunaannya yang singkat secara waktu. Penggunaan bike sharing merupakan langkah untuk mempromosikan mobilitas aktif. Namun, implementasi bike sharing tidak selalu berhasil di semua kota. Beberapa faktor seperti infrastruktur yang buruk, kurangnya promosi, dan perencanaan lokasi yang tidak efisien dapat menjadi penyebab kegagalan program bike sharing. Oleh karena itu, penempatan stasiun bike sharing merupakan aspek penting dalam memastikan keberhasilan program tersebut. Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menjadi alat yang efektif. Konsep bike sharing juga sejalan dengan pengembangan kota cerdas, yang bertujuan untuk mewujudkan transportasi ramah lingkungan dengan memanfaatkan teknologi informasi, terutama dalam hal penyediaan data secara terbuka (open data). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi ideal stasiun bike sharing serta berkontribusi pada pengembangan sistem transportasi yang lebih berkelanjutan dan efisien di Kota Surakarta. Penelitian ini menggunakan pendekatan SIG multi kriteria berbasis metode *Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS)* untuk menentukan lokasi ideal stasiun bike sharing. Hasil penelitian ini terdapat tujuh lokasi potensial pengembangan stasiun bike sharing berdasarkan tingkat bikeability.

Kata kunci: analisis pengambilan keputusan multikriteria; bike sharing; Kota Surakarta; sistem informasi geografis; TOPSIS

Abstract

Urban transportation based on active mobility has become an essential part of urban transport systems worldwide. Active mobility refers to modes of transportation that involve physical activity, such as walking, cycling, and other nonmotorized forms of transport. In addition to reducing traffic congestion and air pollution, active mobility also promotes physical activity and improves public health. Since the COVID-19 pandemic, there has been a global increase in awareness of the importance of health and environmentally friendly transportation. Cycling has emerged as an eco-friendly mode of urban transport, leading to the widespread adoption of bike sharing systems in many countries. Bike sharing involves the sharing of bicycles for short-distance travel over short time periods. It is an effective measure to promote active mobility. However, the success of bike sharing programs depends on various factors, such as infrastructure quality, promotion efforts, and efficient site planning. Thus, strategically placing bike sharing stations is crucial for ensuring the success of these programs. Geographic Information Systems (GIS) can serve as an effective tool for this purpose. The concept of bike sharing aligns with the development of smart cities, which aim to achieve environmentally friendly transportation through the use of information technology, particularly in terms of providing open data. This research aims to identify the optimal locations for bike sharing stations and contribute to the development of a more sustainable and efficient transport system in Surakarta City. The research utilizes a multi-criteria GIS approach based on the *Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS)* method to determine the ideal locations for bike sharing stations. The study identified seven potential locations for the development of bike sharing stations based on the level of bikeability.

Keywords: bike sharing; geographic information system; multi criteria decision analysis; Surakarta City; TOPSIS

1. PENDAHULUAN

Transportasi perkotaan pada dasarnya melibatkan moda transportasi yang mengandalkan aktivitas fisik, seperti berjalan kaki, bersepeda, dan berlari daripada bergantung pada mode transportasi bermotor seperti mobil dan transportasi umum (Fuller et al., 2013; Sanmiguel-Rodriguez, 2022). Hal ini diharapkan tidak hanya membantu mengurangi kemacetan lalu lintas dan polusi udara, tetapi juga mendorong aktivitas fisik dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan agar seseorang melakukan setidaknya 150 menit aktivitas fisik intensitas sedang selama seminggu. Oleh karena itu, mobilitas aktif sedang berkembang menjadi komponen penting dari sistem transportasi perkotaan di seluruh dunia (Wasfi, Ross, & El-Geneidy, 2013; WHO, 2021).

Salah satu cara untuk mempromosikan mobilitas aktif di kota-kota adalah melalui sistem *bike sharing* yang semakin populer di seluruh dunia. Sistem seperti ini dapat membantu mempromosikan mobilitas aktif, meningkatkan kesehatan masyarakat, dan mengurangi dampak lingkungan negatif dari transportasi (Ferretto, Bruzzone, & Nocera, 2021). Saat ini program *bike sharing* telah diterapkan di berbagai kota dunia maupun di Indonesia untuk membangun sistem transportasi yang berkelanjutan. Misalnya, Kota Paris menggunakan Velib sebagai platform *bike sharing*. Penggunaan *bike sharing* di Kota Paris berdampak pada penurunan penggunaan kendaraan pribadi (Otero, Nieuwenhuijsen, & Rojas-Rueda, 2018). Contoh di Indonesia terdapat di Kota Bandung yang meluncurkan program Bike On Street Everyday Happy (BOSEH). Program BOSEH juga berdampak pada mengurangi kemacetan di Kota Bandung (Wahyudi, Widowati, & Nugroho, 2022). Penggunaan *bike sharing* diprediksi akan banyak digunakan di Indonesia untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.

Menurut Mishra et al. (2022), meski telah berhasil di banyak kota, tetapi sejumlah kota mengalami kegagalan menerapkan *bike sharing* karena faktor seperti infrastruktur yang buruk, kurangnya promosi, dan perencanaan lokasi yang tidak efisien. Guna membangun sistem yang berkelanjutan, penting bagi kota-kota untuk menangani penyebab kegagalan tersebut. Penempatan stasiun *bike sharing* merupakan aspek penting untuk mewujudkan transportasi yang berkelanjutan dan efisien. Dalam menentukan lokasi optimal *bike sharing* dapat diketahui melalui bantuan sistem informasi geografis (Crocchi & Rossi, 2014; Yang et al., 2020). Konsep *bike sharing* dalam mendukung transportasi berkelanjutan selaras dengan pengembangan kota cerdas, yakni ingin mewujudkan transportasi yang ramah lingkungan, mengurangi kemacetan, serta meningkatkan kesehatan masyarakat berbasis teknologi (Jäppinen et al., 2013; Qiu & He, 2018; Zhang & Mi, 2018). Penggunaan teknologi informasi dapat mendukung perencanaan program *bike sharing* dalam hal penyediaan data secara terbuka (*open data*). Penggunaan *open data* berbasis informasi spasial, seperti Google Maps dapat digunakan sebagai input untuk melakukan perencanaan rute maupun stasiun *bike sharing*. Menurut Hivon & Titah (2017), data yang disediakan secara terbuka bermanfaat untuk memwadahi partisipasi masyarakat dalam turut serta melakukan pembangunan. Data yang disediakan secara terbuka dengan skema *Volunteered Geographic Information* (VGI) dapat menjadi modal berharga bagi pemangku kepentingan dalam merencanakan program *bike sharing*.

Penempatan stasiun *bike sharing* merupakan aspek penting dari program *bike sharing* yang berhasil. Hal ini penting terutama di kota-kota yang sedang mengembangkan konsep kota pintar (*smart city*), seperti yang dilakukan oleh Kota Surakarta. Kota Surakarta telah memiliki rencana induk kota pintar yang didasari pada Peraturan Walikota Surakarta Nomor 47 Tahun 2019 tentang Rencana Induk Kota Pintar. Dengan perencanaan lokasi yang tepat, sistem *bike sharing* dapat memainkan peran penting dalam mempromosikan mobilisasi aktif dan berkelanjutan di Kota Surakarta. Saat ini, Kota Surakarta belum memiliki program *bike sharing*, tetapi komitmen untuk mewujudkan transportasi ramah lingkungan terus dilakukan. Contoh program Kota Surakarta yang mendukung transportasi ramah lingkungan adalah pembangunan jalur khusus sepeda. Oleh karena itu, penggunaan *bike sharing* akan sangat bermanfaat pada masa yang akan datang.

Penggunaan *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA) untuk menentukan lokasi ideal telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Kurniadhini & Roychansyah (2020), menentukan lokasi *bike sharing* di Kota Yogyakarta menggunakan metode MCDA dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Sementara itu, penelitian yang dilakukan Daniella & Dharma Wangsa (2019) bertujuan ingin mengintegrasikan lokasi *bike sharing* dengan Bus Rapid Transit di Kota Jakarta menggunakan metode *buffer*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi ideal stasiun *bike sharing* dan berkontribusi pada pengembangan sistem transportasi yang lebih berkelanjutan dan efisien di Kota Surakarta. Penelitian ini menggunakan pendekatan sistem informasi geografis multi kriteria berbasis metode *Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution* (TOPSIS) untuk menentukan lokasi ideal stasiun *bike sharing*. Metode TOPSIS berbasis GIS mengintegrasikan data spasial ke dalam proses pengambilan keputusan untuk memberikan analisis yang lebih komprehensif tentang potensi lokasi stasiun *bike sharing*. Penerapan GIS dalam penelitian ini memungkinkan analisis hubungan spasial antara variabel yang berbeda secara lebih tepat dan akurat, memberikan wawasan yang lebih berharga bagi perencana kota, dan operator sistem *bike sharing*.

2. KAJIAN TEORI

2.1 MOBILITAS AKTIF SEBAGAI KONSEP TRANSPORTASI BERKELANJUTAN

Mobilitas aktif mencakup semua jenis perjalanan yang dilakukan oleh setiap orang dan untuk tujuan apa pun yang dilakukan dengan berjalan kaki, menggunakan sepeda, kursi roda atau sepatu roda, atau menggunakan moda transportasi bertenaga manusia lainnya (Held et al., 2016). Karakteristik utama dari mobilitas aktif adalah penggunaan *non-motorized vehicle* (NMT) atau mobilitas tanpa menggunakan kendaraan bermotor. Dengan demikian, mobilitas aktif berdampak pada kesehatan. Berjalan kaki dan bersepeda merupakan bentuk latihan fisik yang meningkatkan kesehatan jantung, mengurangi risiko penyakit kronis, dan meningkatkan kesehatan secara keseluruhan. Mobilitas aktif mengurangi ketergantungan pada kendaraan bermotor yang mengarah pada emisi karbon yang lebih rendah dan penurunan polusi udara. Hal tersebut berkontribusi dalam menciptakan lingkungan perkotaan yang ramah lingkungan dan layak huni (Afshari et al., 2023).

Transportasi berkelanjutan merupakan pendekatan perencanaan transportasi dan pembangunan infrastruktur yang berupaya memenuhi kebutuhan mobilitas generasi saat ini dan generasi yang akan datang yang secara bersamaan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, sosial, dan ekonomi. Transportasi berkelanjutan bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara menyediakan pilihan transportasi yang efisien dan mudah diakses dan mengurangi dampak buruk transportasi terhadap lingkungan dan masyarakat. Transportasi berkelanjutan berusaha mengintegrasikan keterkaitan berbagai moda transportasi, perencanaan kota, konsumsi energi, dan kualitas lingkungan (Hatzopoulou & Miller, 2008). Berdasarkan penjelasan tersebut mobilitas aktif sejalan dengan konsep transportasi berkelanjutan yang memiliki cita-cita untuk pengurangan polusi, kemacetan, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Berdasarkan penjelasan di atas, transportasi berkelanjutan memprioritaskan penggunaan transportasi umum dan penggunaan moda transportasi ramah lingkungan sebagai alternatif moda transportasi perkotaan. Menurut Rojas-Rueda et al. (2012), moda transportasi kendaraan bermotor bertanggung jawab atas 70% pencemaran lingkungan di kota-kota. Polusi udara juga telah diklasifikasikan sebagai salah satu dari sepuluh faktor resiko utama penyakit di seluruh dunia. Permasalahan transportasi di China merupakan masalah serius yang menjadi penyebab masalah lingkungan dan kesehatan (Waqas et al., 2018). Hal tersebut membuktikan bahwa pentingnya pengembangan transportasi berkelanjutan merupakan elemen penting bagi perencanaan wilayah yang komprehensif.

2.2 BIKE SHARING

Bike sharing atau berbagi sepeda merupakan model transportasi perkotaan yang berkelanjutan yang menyediakan sepeda untuk penggunaan jangka pendek dan jarak dekat oleh individu secara komunal atau bersama-sama (Bieliński et al., 2019; Wang & Zhou, 2017). Sistem ini biasanya melibatkan stasiun sepeda yang berlokasi strategis daerah perkotaan yang mana pengguna dapat menyewa sepeda untuk durasi tertentu. *Bike sharing* dirancang untuk menawarkan moda transportasi yang terjangkau, nyaman, dan ramah lingkungan yang melengkapi jaringan angkutan umum yang sudah ada serta membantu mengurangi kemacetan dan polusi di perkotaan (Fan & Zheng, 2020). Penggunaan *bike sharing* berdampak pada mengurangi kemacetan lalu lintas di daerah perkotaan dengan mengurangi pemakaian kendaraan pribadi di jalan raya. Selain itu, *bike sharing* juga bermanfaat dalam rangka mengurangi polusi udara di lingkungan perkotaan. Sistem *bike sharing* mendorong aktivitas fisik dan gaya hidup yang lebih sehat dengan membuat bersepeda lebih mudah diakses. Hal ini berdampak baik bagi kesehatan masyarakat karena aktivitas fisik yang teratur dapat membantu meningkatkan kesehatan (Clockston & Rojas-Rueda, 2021). Selain itu, sistem *bike sharing* dapat meningkatkan ekonomi lokal dengan meningkatkan akses ke tempat bisnis dan tujuan wisata yang mengarah pada peningkatan lalu lintas pejalan kaki dan pertumbuhan ekonomi (Khajehshahkoobi et al., 2022).

Dalam mengembangkan sistem *bike sharing* membutuhkan komponen yang perlu dipertimbangkan, seperti infrastruktur fisik, pembangunan stasiun *bike sharing* yang berlokasi strategis, serta titik parkir yang aman dan mudah diakses. Sepeda sebagai moda transportasi utama juga harus awet dan terawat dengan baik, serta dirancang untuk segala usia. Hal yang tidak kalah penting adalah pengembangan teknologi *mobile* dan sistem pembayaran. Perencanaan jalur sepeda memiliki beberapa tipe, yakni jalur sepeda yang terpisah dari jalan raya, jalur sepeda yang difungsikan bersama dengan moda transportasi lain yang hanya diberi marka, jalur sepeda yang spesifik mengatur kecepatan di bawah 40 km/jam, jalur sepeda yang terletak di kawasan perdesaan, dan jalur sepeda yang direncanakan secara khusus untuk kegiatan pribadi (Foster et al., 2019).

2.3 KARAKTERISTIK INFRASTRUKTUR MODA TRANSPORTASI SEPEDA

Dalam mendukung pengembangan infrastruktur bersepeda yang berkelanjutan membutuhkan metode penilaian infrastruktur secara komprehensif. Pada pendekatan perencanaan moda transportasi bersepeda umumnya dikenal teknik penilaian kesesuaian bersepeda (*bike suitability*) dan kemampuan bersepeda (*bikeability*). *Bike suitability* merupakan tingkat suatu ruas jalan dalam mendukung kegiatan bersepeda. Ini mengukur tingkat segmen jalan secara spesifik untuk bersepeda seperti kondisi jalan, kecepatan lalu lintas, maupun batas kecepatan (Kellstedt et al., 2020). Sementara itu, *bikeability* merupakan ukuran yang lebih luas dengan mempertimbangkan potensi daerah dalam mendukung bersepeda berdasarkan konektivitas dan aksesibilitas ke tujuan perjalanan (Winters et al., 2013).

Guna mengukur *bike suitability* maupun *bikeability* memiliki beragam metode. Metode yang digunakan pada penelitian Broach et al. (2012) menggunakan beberapa kriteria, seperti batas kecepatan, volume lalu lintas, lebar jalan, dan faktor lain yang mempengaruhi secara langsung keselamatan dan keamanan pengguna sepeda. Metode analisis multi kriteria merupakan pendekatan penting yang cukup banyak digunakan untuk menilai kualitas infrastruktur bersepeda. Analisis multi kriteria yang dilakukan pada penelitian Lowry et al. (2016) menggabungkan kondisi infrastruktur bersepeda, keberadaan jalur sepeda, ruang terbuka hijau sebagai peneduh, topografi, dan penggunaan lahan. Namun, penting untuk diketahui juga bahwa analisis multi kriteria memberikan gambaran mengenai kesesuaian lokasi bersepeda yang bersifat nampak dan mungkin belum mempertimbangkan aspek yang lebih luas seperti kenyamanan pengguna sepeda, preferensi rute pengguna sepeda, dan lain-lain. Metode tersebut bermanfaat untuk mengidentifikasi ruas atau segmen jalan pada suatu wilayah yang dapat dikembangkan sebagai jalur sepeda. Penggunaan metode tersebut menunjukkan integrasi antara data-data empiris dengan perencanaan transportasi moda sepeda untuk mencapai tujuan utama, yakni transportasi yang berkelanjutan.

Pada penelitian Arellana et al. (2020) mengukur *bikeability index* untuk menilai dan memprioritaskan investasi infrastruktur sepeda dan meningkatkan aksesibilitas bagi pesepeda pada suatu wilayah. *Bikeability index* diukur dengan melihat kebiasaan bersepeda (*bicycle behaviour*). Hal ini diukur berdasarkan persepsi pesepeda dalam menggunakan jalur sepeda. *Bikeability index* kemudian disusun menjadi sebuah matriks sehingga dapat diketahui lokasi-lokasi mana saja yang cocok dikembangkan infrastruktur sepeda. Selain dengan *bikeability index*, tingkat aksesibilitas bersepeda juga dikenal dengan istilah *Bicycle Level of Service* (BLOS). Menurut Lowry et al. (2012), perbedaan BLOS dengan *bikeability index* terletak pada tujuan analisisnya. BLOS secara spesifik mengukur pada tingkatan ruas jalan, sedangkan *bikeability index* menitikberatkan pada area-area.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Peta Jalur Sepeda Eksisting di Kota Surakarta

Ruang lingkup penelitian ini terletak di Kota Surakarta. Menurut Badan Pusat Statistik Kota Surakarta tahun 2023, jumlah penduduk Kota Surakarta sebanyak 523.008 jiwa dengan kepadatan penduduk rata-rata 11.193 jiwa per km². Peraturan Daerah Nomor 4 tahun 2021 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surakarta tahun 2021-2041 telah direncanakan jaringan jalur sepeda di Kota Surakarta. Adanya kebijakan yang mendukung adanya jalur sepeda membuktikan komitmen Kota Surakarta dalam mengembangkan sistem transportasi berkelanjutan. Jalur sepeda di Kota

Surakarta terdapat pada koridor jalan Adi Sucipto sepanjang 3,82 kilometer, koridor Slamet Riyadi sepanjang 3,14 kilometer, dan koridor Jenderal Sudirman sepanjang 2,86 kilometer. Jalur sepeda yang telah dibangun oleh Pemerintah Kota Surakarta adalah jalur lambat khusus sepeda maupun marka pemisah jalur sepeda dengan jalur kendaraan bermotor. Infrastruktur sepeda di Kota Surakarta dapat dilihat pada Gambar 1.

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari observasi dan validasi model. Data sekunder terdiri dari peta jalur sepeda eksisting, batas peta batas administrasi Kota, peta jaringan jalan, peta persebaran toponimi, dan *slope* (lihat Tabel1). Jumlah toponimi yang dikumpulkan 2088 titik dengan cara VGI melalui Google Mymaps.

Tabel 1. Sumber Data Penelitian

Data	Bentuk	Sumber	Tahun
Jalur Sepeda	Peta	Dinas Perhubungan Kota Surakarta	2020
Batas Administrasi	Peta	Setda Kota Surakarta	2020
Jaringan Jalan	Peta	Bappeda Kota Surakarta	2020
Toponimi Olahraga	Peta	Google API	2023
Toponimi Pariwisata	Peta	Google API	2023
Toponimi Pendidikan	Peta	Google API	2023
Toponimi Pemerintahan	Peta	Google API	2023
Toponimi Perdagangan	Peta	Google API	2023
Toponimi Transportasi	Peta	Google API	2023
<i>Slope</i>	Peta	Bappeda Kota Surakarta	2020

TOPSIS adalah sebuah metode analisis multikriteria yang digunakan untuk memilih pilihan ideal dengan ciri memiliki urutan sedemikian hingga memiliki pilihan terbaik sampai dengan pilihan terburuk. Teknik ini digunakan untuk menentukan peringkat lokasi stasiun *bike sharing* setelah lokasi-lokasi dipilih. Tingkat kesesuaian lokasi *bike sharing* dapat dihitung menggunakan rute terdekat antara lokasi awal dengan tujuannya. Menurut Wysling & Purves (2022), lokasi tujuan dapat dimodelkan dengan tingkat sentralitas atau aglomerasi fasilitas-fasilitas umum sehingga dapat diasumsikan pengguna sepeda mengakses fasilitas-fasilitas tersebut. Data-data yang diperoleh secara VGI dikumpulkan kemudian dilakukan konversi raster berukuran 1 km x 1 km untuk menentukan aglomerasi fasilitas-fasilitas umum. Hal ini menunjukkan kawasan mana saja yang terdapat konsentrasi fasilitas umum sehingga cocok sebagai lokasi alternatif *bike sharing*.

Lokasi stasiun *bike sharing* akan berfungsi optimal apabila lokasinya juga menunjang mobilitas sepeda. Ciri khas dari perencanaan jalur sepeda yang berperan penting adalah faktor kelerengan (Derek & Sikora, 2019). Meski Kota Surakarta merupakan wilayah dataran rendah, tetapi tidak seluruh wilayah Kota Surakarta memiliki tingkat kesesuaian *slope* untuk perencanaan jalur sepeda. Berdasarkan Lu et al. (2018), semakin datar suatu lokasi semakin ideal untuk perencanaan jalur sepeda. Lokasi stasiun ideal *bike sharing* diukur dengan melakukan *overlay* pada kriteria aglomerasi fasilitas umum dan kemiringan lereng untuk menentukan lokasi potensial untuk dikembangkan lokasi *bike sharing*. Lokasi-lokasi tersebut kemudian dilakukan penyekalaan dengan metode TOPSIS untuk mendapatkan urutan lokasi yang terbaik (solusi ideal).

Metode TOPSIS digunakan untuk menentukan peringkat atau prioritas penempatan lokasi stasiun *bike sharing*. Kriteria ideal penempatan lokasi stasiun adalah jarak rata-rata stasiun *bike sharing* terhadap fasilitas umum (C1) dan jarak lokasi stasiun *bike sharing* terhadap jalur sepeda terdekat (C2). Berdasarkan kriteria tersebut maka dapat ditarik kesimpulan lokasi ideal adalah stasiun *bike sharing* yang lokasinya terdekat dengan fasilitas umum dan terdekat dengan jalur sepeda eksisting. Prosedur awal dalam menentukan lokasi ideal adalah menormalisasi nilai kriteria dengan persamaan 1 berikut.

$$N_X(i) = \frac{X(i) - \text{Min}_X}{\text{Max}_X - \text{Min}_X} \dots \dots \dots (1)$$

- X(i) = nilai pada lokasi i
- Min_X = nilai minimal dari seluruh kriteria X
- Max_X = nilai maksimal dari seluruh kriteria X

Setelah dilakukan normalisasi nilai maka selanjutnya menghitung nilai ideal (D+) dan nilai terburuk (D-). Menghitung nilai ideal dan nilai terburuk dijelaskan pada persamaan 2 dan 3.

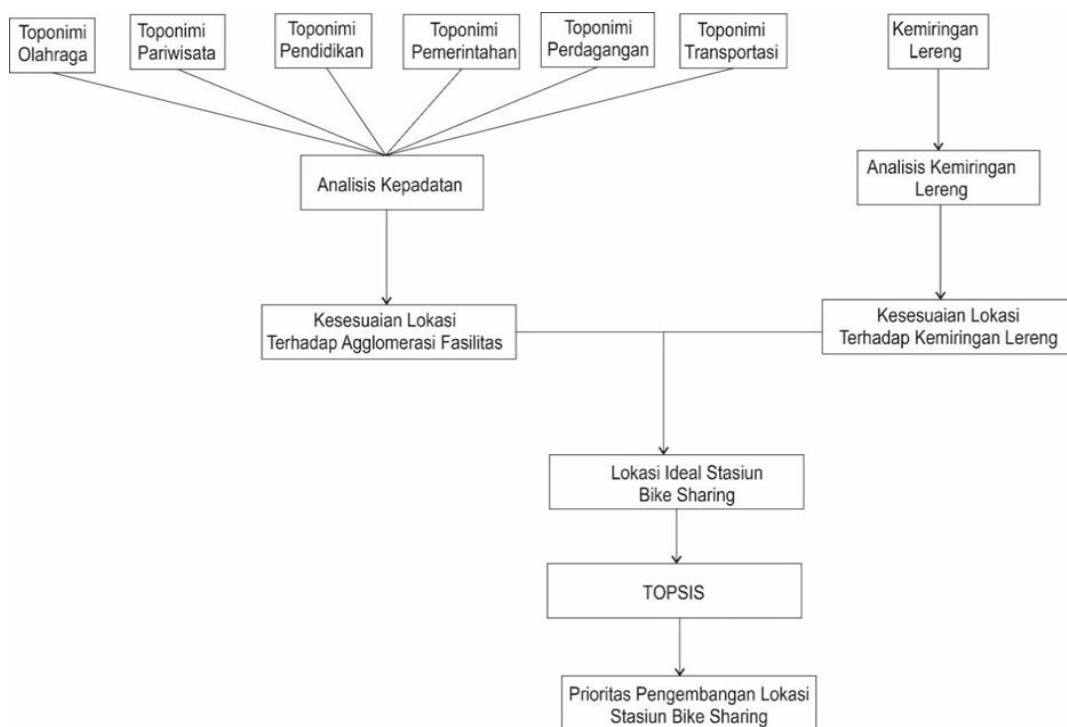
$$D + (i) = \sqrt{\sum (N_{X(i)} - N_{X_{ideal}})^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$D - (i) = \sqrt{\sum (N_{x(i)} - N_{x_{negative}})^2} \dots\dots\dots (3)$$

- D + (i) = Nilai ideal
- D - (i) = Nilai ideal
- Nx(i) = Nilai normalisasi kriteria X
- Nx_ideal = nilai normalisasi dari kriteria X untuk nilai terbaik
- Nx_negative = nilai normalisasi dari kriteria X untuk nilai terburuk

Langkah selanjutnya adalah menghitung *similarity score* (Si) untuk menentukan nilai pada kriteria yang mendekati nilai ideal. Setiap kriteria akan memiliki nilai *similarity score* yang berbeda sehingga dapat diurutkan untuk menentukan prioritas pembangunan stasiun *bike sharing*. Lokasi stasiun *bike sharing* yang memiliki nilai mendekati nilai ideal (D+) maka stasiun *bike sharing* tersebut merupakan stasiun yang paling prioritas. *Similarity score* dijelaskan pada persamaan 4. Gambar 2 merupakan diagram alir penelitian ini.

$$Si (i) = \frac{D-(i)}{D+(i)+D-(i)} \dots\dots\dots (4)$$

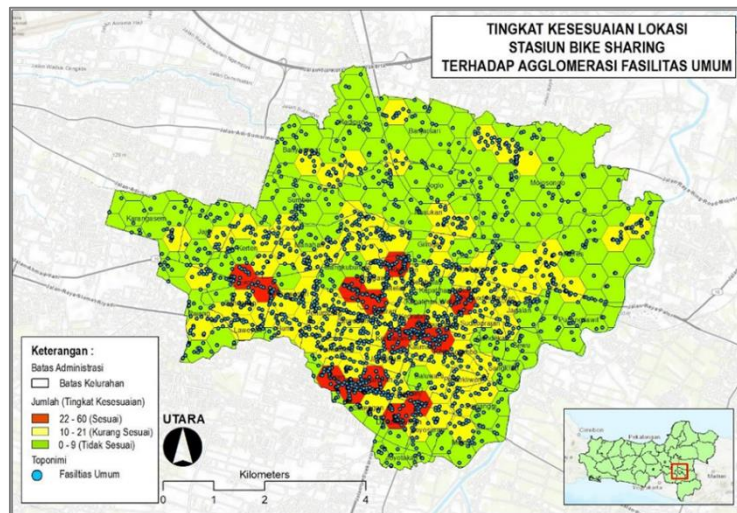


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 KESESUAIAN TERHADAP AGLOMERASI FASILITAS UMUM

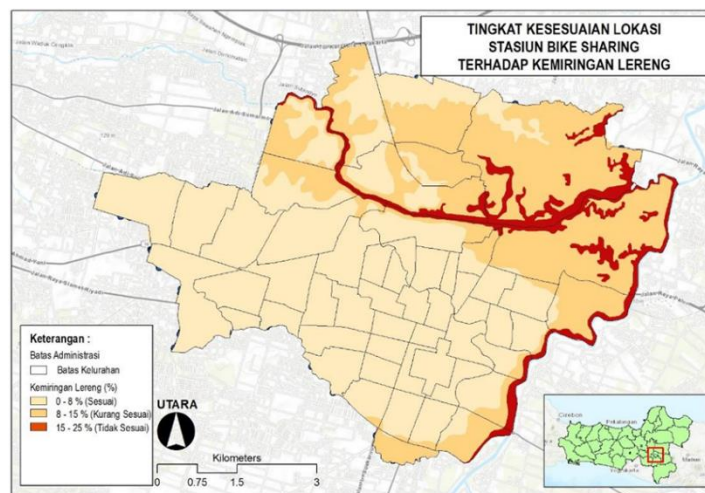
Bersepeda merupakan moda transportasi yang cocok untuk perjalanan jarak dekat. Stasiun *bike sharing* akan berfungsi secara optimal apabila terletak dengan aglomerasi fasilitas umum. Hal ini berarti semakin dekat antar fasilitas maka semakin cocok ditempatkan lokasi stasiun *bike sharing*. Berdasarkan analisis kepadatan fasilitas, aglomerasi fasilitas terdapat di beberapa lokasi, seperti di Kelurahan Kestalan, Kelurahan Mangkubumen, Kelurahan Punggawan, Kelurahan Kepatihan Wetan, Kelurahan Keprabon, Kelurahan Kedunglumbu, Kelurahan Tipes, Kelurahan Kratonan, Kelurahan Danukusuman, dan Kelurahan Gajahan. Wilayah tersebut merupakan pusat Kota Surakarta yang banyak terdapat fasilitas perkantoran, pendidikan, perdagangan jasa, maupun pariwisata. Wilayah Kota Surakarta di bagian utara, seperti Kelurahan Mojosongo, Kelurahan Banjarsari, dan Kelurahan Kadipiro tergolong sedikit aglomerasi fasilitasnya. Aglomerasi fasilitas umum dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tingkat Kesesuaian terhadap Aglomerasi Fasilitas Umum

4.2 KESESUAIAN TERHADAP KEMIRINGAN LERENG

Sebagian besar wilayah Kota Surakarta merupakan dataran dengan kemiringan lereng antara 0-8%. Hal ini mendukung untuk pengembangan jalur bersepeda karena aktivitas bersepeda akan lebih nyaman apabila dilakukan pada wilayah dengan kemiringan lereng yang datar. Beberapa wilayah di bagian utara Kota Surakarta kurang sesuai dikembangkan sistem *bike sharing* karena kemiringan lerengnya yang cukup tinggi. Kelurahan Mojosongo dan Kelurahan Jebres merupakan wilayah dengan kemiringan lereng yang kurang cocok yang disebabkan elevasi wilayah lebih tinggi dibandingkan pusat Kota Surakarta. Selain itu, wilayah di sekitar sempadan sungai seperti di Kelurahan Pucangawit, Kelurahan Nusukan, Kelurahan Sangkrah, dan yang lainnya juga memiliki kemiringan lereng curam sehingga tidak sesuai dikembangkan sistem *bike sharing*. Kesesuaian lokasi stasiun *bike sharing* terhadap kriteria kemiringan lereng dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tingkat Kesesuaian Terhadap Kemiringan Lereng

4.3 LOKASI POTENSIAL PENGEMBANGAN STASIUN BIKE SHARING

Berdasarkan dua kriteria tersebut, dapat diidentifikasi sebanyak tujuh titik lokasi potensial stasiun *bike sharing* di Kota Surakarta. Lokasi-lokasi tersebut memiliki kriteria aglomerasi fasilitas umum yang banyak dan terletak pada kemiringan lereng yang datar. Berdasarkan lokasi-lokasi tersebut juga terdapat lokasi yang dekat dengan fasilitas transportasi stasiun maupun terminal sehingga integrasi moda transportasi dapat dikembangkan. Dalam pengembangan sistem *bike sharing* membutuhkan infrastruktur yang cukup kompleks, seperti ketersediaan sepeda, *docking system*, sistem pembayaran sewa, dan lain-lain. Maka dari itu mengingat terbatasnya anggaran daerah, perlu adanya prioritas pengembangan stasiun yang perlu dibangun lebih dahulu. Penggunaan teknik TOPSIS dapat diaplikasikan untuk membantu *stakeholder* dalam mengambil keputusan stasiun *bike sharing* yang perlu diprioritaskan.

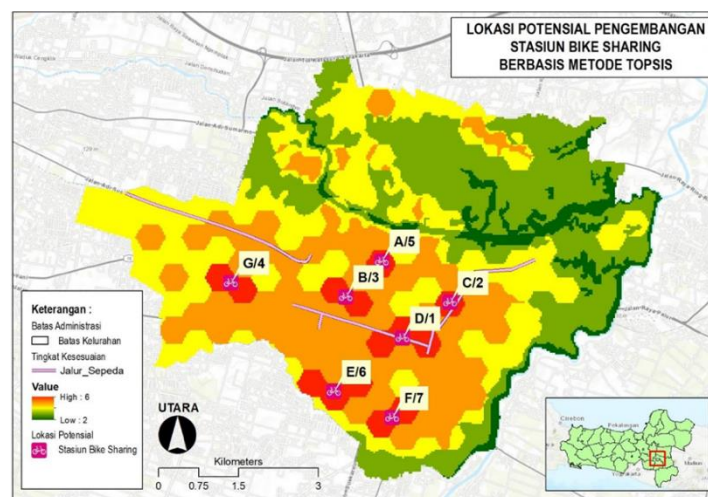
Kriteria dalam pengambilan keputusan yang digunakan adalah lokasi ideal berdasarkan jarak rata-rata terhadap fasilitas umum (C1) dan jarak terdekat terhadap jalur sepeda eksisting (C2). Jarak rata-rata terhadap fasilitas umum diartikan semakin dekat lokasi stasiun terhadap jarak rata-rata fasilitas maka lokasi stasiun lebih diprioritaskan. Sementara itu, jarak terhadap jalur sepeda eksisting diartikan semakin dekat jarak lokasi stasiun dengan jalur sepeda eksisting maka lokasi stasiun lebih diprioritaskan (lihat Tabel 2).

Tabel 2. Lokasi Potensial Stasiun *Bike Sharing*

Stasiun	C1 (m)	C2 (m)	N_C1	N_C2	D+	D-	SI (A)	Urutan
A	3526	1251	0.68	0.900	0.8952	0.3309	0.2698	5
B	3605	428	0.69	0.300	0.3047	0.7539	0.7121	3
C	3784	101	0.73	0.070	0.1058	0.9646	0.9010	2
D	3356	12	0.65	0.008	0.0009	1.0510	0.9990	1
E	4466	1341	0.86	0.967	0.9835	0.1379	0.1230	6
F	5158	1386	1	1	1.0519	-	-	7
G	3752	948	0.72	0.683	0.6804	0.4172	0.3801	4

Metode TOPSIS menekankan adanya solusi ideal dan solusi terburuk sebagai dasar untuk menentukan prioritas. Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa solusi ideal adalah lokasi stasiun yang memiliki jarak rata-rata fasilitas (C1) terdekat dan nilai jarak ke jalur sepeda eksisting (C2) terdekat. Lokasi paling ideal berdasarkan urutan prioritas secara urut adalah stasiun D,C,B,G,A,E, dan F. Stasiun D merupakan stasiun *bike sharing* yang paling optimal dikembangkan karena memiliki jarak dengan fasilitas paling dekat antara stasiun lainnya dan paling dekat dengan jalur sepeda eksisting. Hal ini apabila diterapkan maka akan sangat bermanfaat mengurangi mobilitas kendaraan umum di pusat Kota Surakarta.

Pada stasiun A, meskipun lokasinya strategis dan memiliki jarak rata-rata fasilitas yang dekat, tetapi terletak cukup jauh dengan jalur sepeda terdekat. Pengguna sepeda perlu berjalan kaki kurang lebih 1,2 kilometer untuk menyewa sepeda ke jalur sepeda terdekat. Hal yang sama juga terjadi pada stasiun G yang terletak di sekitar Stasiun Purwosari. Pengembangan stasiun *bike sharing* di kawasan tersebut sangat cocok sebagai integrasi antarmoda transportasi, tetapi jarak ke jalur sepeda terdekat perlu diperhatikan mengingat koridor tersebut belum tersedia jalur sepeda. Stasiun E dan F merupakan stasiun yang memiliki prioritas terakhir dikembangkan karena jauh dengan jalur sepeda terdekat dan lokasi kurang strategis, yakni selatan Kota Surakarta. Lokasi potensial stasiun *bike sharing* dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi Potensial Stasiun *Bike Sharing* Berbasis TOPSIS

Stasiun D terletak di pusat kota yang dilengkapi dengan infrastruktur pendukung bersepeda yang optimal. Lokasi stasiun terdapat jalur lambat (*citywalk*) yang cukup lebar untuk pembangunan stasiun *bike sharing* dan dilengkapi marka pemisah jalur sepeda. Pengguna sepeda dapat mengakses fasilitas dengan bersepeda dengan jarak yang nyaman dan aman. Selain itu, lokasi stasiun D juga banyak terdapat tanaman peneduh sehingga nyaman saat bersepeda. Sementara itu, stasiun G meskipun dekat dengan stasiun kereta api, terkendala infrastruktur eksisting yang menghambat integrasi antarmoda. Hal ini disebabkan karena tidak adanya infrastruktur jalur lambat yang memadai. Jalur lambat yang tersedia saat ini tidak cocok untuk pengendara sepeda karena ketinggian pedestrian yang cukup tinggi. Dari segi keamanan juga cukup kurang karena pesepeda terpaksa menggunakan jalan bersama dengan kendaraan bermotor lainnya. Kondisi infrastruktur penunjang bersepeda pada stasiun D dan G dapat dilihat pada Gambar 6.

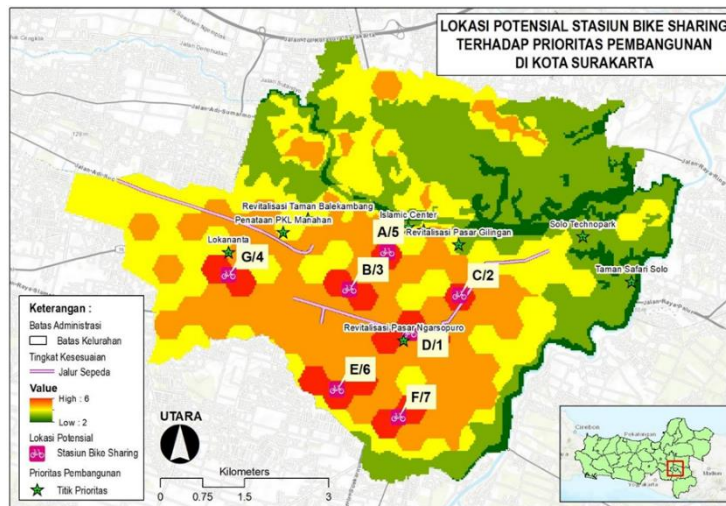


Gambar 6. Infrastruktur Pendukung Bersepeda Pada Stasiun D dan G

4.4 PENERAPAN TRANSPORTASI HIJAU DI KOTA SURAKARTA

Kebijakan transportasi hijau dinyatakan dalam Peraturan Daerah Nomor 4 tahun 2021 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surakarta tahun 2021-2041 pada pasal 21 terkait sistem infrastruktur perkotaan yang di dalamnya terdapat sistem jaringan pejalan kaki dan sistem jaringan jalur khusus sepeda. Berdasarkan dasar hukum tersebut, Kota Surakarta melihat adanya urgensi perencanaan transportasi hijau untuk mendukung mobilitas perkotaan. Menurut Andriani & Yuliasuti (2013), Kota Surakarta cukup berhasil menerapkan konsep transportasi hijau melalui pengembangan transportasi publik, jalur pedestrian, dan jalur sepeda. Kota Surakarta mengembangkan sistem transportasi hijau melalui pengembangan jalur *Bus Rapid Transit* (BRT), jalur pejalan kaki yang nyaman (*citywalk*), *railbus*, dan bus pariwisata.

Pengembangan sistem *bike sharing* di Kota Surakarta yang direncanakan sesuai dengan jalur sepeda eksisting sehingga Kota Surakarta sudah memiliki modal yang cukup untuk mengembangkan konsep transportasi hijau. Penggunaan *bike sharing* tidak hanya berdampak pada peningkatan mobilitas aktif masyarakat perkotaan, alternatif moda transportasi ramah lingkungan, maupun berperan dalam mengurangi kemacetan. Menurut Tang et al. (2011), sistem *bike sharing* juga mampu mengubah kebiasaan perjalanan penduduk. Adanya sistem *bike sharing* dapat merubah perilaku penduduk untuk lebih menggunakan moda transportasi sepeda daripada kendaraan bermotor. Studi kasus di China, penduduk lebih memprioritaskan menggunakan sepeda karena sistem *bike sharing* sudah terintegrasi dengan moda transportasi umum karena lebih menghemat waktu, lebih murah, dan lebih aman.



Gambar 7. Lokasi Pengembangan *Bike Sharing* terhadap Lokasi Pembangunan Prioritas Kota Surakarta

Penggunaan sistem *bike sharing* akan berkontribusi untuk menunjang pembangunan prioritas di Kota Surakarta. Saat ini Kota Surakarta memiliki 17 titik prioritas pembangunan yang menjadi program utama walikota terpilih. *Bike sharing* merupakan sistem berbagi sepeda dengan karakteristik perjalanan jarak dekat dan waktu yang singkat sehingga diharapkan pengembangan *bike sharing* dapat mendukung aksesibilitas menuju lokasi-lokasi strategis tersebut. Stasiun C berjarak 914 meter menuju kawasan Pasar Mebel Gilingan, stasiun A berjarak 587 meter ke lokasi Islamic Center Kota Surakarta, dan 763 meter ke lokasi Masjid Sheikh Zayed. Sementara itu, stasiun G berjarak 416 meter menuju bangunan cagar budaya Lokananta dan stasiun D berjarak 161 meter ke lokasi Pasar Antik Ngarsopuro. Hal ini menunjukkan penempatan lokasi *bike sharing* pada penelitian ini dapat menjadi bahan masukan dengan program prioritas pembangunan Kota Surakarta dalam rangka integrasi antarmoda.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini disusun melalui pemodelan lokasi berbasis sistem informasi geografis menggunakan data-data yang disediakan melalui platform terbuka (*open source*). Penggunaan *open data* bermanfaat dan menjadi tren dalam perencanaan wilayah karena akurasi data yang cukup baik dan cukup mudah digunakan. Pada penelitian ini membuktikan penggunaan *open data* dapat dimanfaatkan untuk merencanakan lokasi stasiun *bike sharing*. Peluang penggunaan *open data* pada perencanaan wilayah sangat terbuka dan diharapkan mampu menghasilkan penelitian yang lebih baik lagi.

Kota Surakarta telah mengembangkan konsep transportasi hijau melalui pengembangan *Bus Rapid Transit*, pengembangan jalur pedestrian, dan jalur sepeda. Sistem *bike sharing* dapat bermanfaat secara optimal apabila direncanakan dengan komprehensif. Pusat Kota Surakarta cocok dikembangkan sistem *bike sharing* karena terletak di lokasi yang strategis dan berada pada jalur sepeda eksisting, sedangkan wilayah Kota Surakarta bagian utara kurang cocok dikembangkan karena kemiringan lerengnya yang tidak mendukung. Berdasarkan hasil analisis terdapat 7 lokasi potensial *bike sharing* di Kota Surakarta dengan menggunakan kriteria aglomerasi fasilitas dan kemiringan lereng.

Metode TOPSIS telah banyak digunakan untuk membantu mengambil keputusan. Hal tersebut juga dapat diaplikasikan untuk memilih stasiun *bike sharing* yang perlu diprioritaskan pembangunannya. Stasiun D merupakan stasiun *bike sharing* yang paling ideal berdasarkan metode TOPSIS. Hal ini disebabkan karena lokasi tersebut memiliki jarak rata-rata fasilitas terdekat dan terletak di jalur sepeda eksisting. Hal ini tentunya akan berdampak pada peningkatan penggunaan sepeda di pusat kota dan dapat mengurangi kemacetan di pusat Kota Surakarta. Selain itu, penggunaan sepeda di pusat kota juga bermanfaat untuk menunjang kegiatan pariwisata budaya di Kota Surakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Badan Perencanaan dan Pengembangan Daerah (Bappeda) Kota Surakarta, Dinas Perhubungan Kota Surakarta, dan Sekretariat Daerah Kota Surakarta yang telah membantu menyediakan data sekunder penelitian ini. Selain itu, kami juga mengucapkan terima kasih kepada surveyor yang telah membantu memverifikasi model yang dibangun pada penelitian ini. Penelitian ini merupakan bagian dari tesis untuk memperoleh gelar magister perencanaan wilayah dan kota di Universitas Diponegoro.

DAFTAR PUSTAKA

- Afshari, M., Temeljotov Salaj, A., Johansen, A., & Lohne, J. (2023). Developing approaches and strategies to promote increased active mobility in urban city neighbourhood. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1196(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1196/1/012072>
- Andriani, D. M., & Yuliasuti, N. (2013). Penilaian Sistem Transportasi yang Mengarah Pada Green Transportasi di Kota Surakarta. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 9(2), 183–193. <https://doi.org/10.14710/pwk.v9i2.6535>
- Arellana, J., Saltarin, M., Larrañaga, A. M., González, V. I., & Henao, C. A. (2020). Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 139, 310–334. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.010>
- Bieliński, T., Kwapisz, A., & Wazna, A. (2019). Bike-sharing systems in Poland. *Sustainability*, 11(9), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su11092458>
- Broach, J., Dill, J., & Gliebe, J. (2012). Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), 1730–1740. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.07.005>
- Clockston, R. L. M., & Rojas-Rueda, D. (2021). Health impacts of bike-sharing systems in the U.S. *Environmental Research*, 202, 111709. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111709>
- Croci, E., & Rossi, D. (2014). Optimizing the Position of Bike Sharing Stations. The Milan Case. In *SSRN Electronic Journal* (No. 68). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2461179>
- Daniella, D., & Dharma Wangsa, A. A. (2019). Leveraging Integrated Bike-Sharing with Existing Bus Rapid Transit (BRT) to Reduce Motor Vehicle in Central Jakarta Municipal. *Geoplanning*, 6(1), 13–20. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.6.1.13-20>
- Derek, J., & Sikora, M. (2019). Bicycle Route Planning Using Multiple Criteria GIS Analysis. *International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, 1–5. IEEE. Diakses dari <https://ieeexplore.ieee.org/document/8903800>
- Fan, Y., & Zheng, S. (2020). Dockless bike sharing alleviates road congestion by complementing subway travel: Evidence from Beijing. *Cities*, 107, 102895. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102895>
- Ferretto, L., Bruzzone, F., & Nocera, S. (2021). Pathways to active mobility planning. *Research in Transportation Economics*, 86, 101027. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.101027>
- Foster, N., Monsere, C. M., Dill, J., & Clifton, K. (2019). Level-of-Service Model for Protected Bike Lanes. *Journal of the Transportation Research Board*, 2520(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.3141/2520-11>

- Fuller, D., Gauvin, L., Kestens, Y., Morency, P., & Drouin, L. (2013). The potential modal shift and health benefits of implementing a public bicycle share program in Montreal, Canada. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10, 1–7. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-66>
- Hatzopoulou, M., & Miller, E. J. (2008). Institutional integration for sustainable transportation policy in Canada. *Transport Policy*, 15(3), 149–162. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.12.002>
- Held, M., Schindler, J., & Litman, T. (2016). Cycling and active mobility – establishing a third pillar of transport policy. In *Cycling Futures: From Research into Practice* (pp. 209–225). <https://doi.org/10.4324/9781315575742-20>
- Hivon, J., & Titah, R. (2017). Conceptualizing citizen participation in open data use at the city level Article information. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 11(1). Diakses dari <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/TG-12-2015-0053/full/html>
- Jäppinen, S., Toivonen, T., & Salonen, M. (2013). Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: An open data approach. *Applied Geography*, 43, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.05.010>
- Kellstedt, D. K., Spengler, J. O., Foster, M., Lee, C., & Maddock, J. E. (2020). A Scoping Review of Bikeability Assessment Methods. *Journal of Community Health*, 46(1), 211–224. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10900-020-00846-4>
- Khajehshahkoochi, M., Davoodi, S. R., & Shaaban, K. (2022). Factors affecting the behavioral intention of tourists on the use of bike sharing in tourism areas. *Research in Transportation Business and Management*, 43, 100742. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100742>
- Kurniadhini, F., & Roychansyah, M. S. (2020). The suitability level of bike-sharing station in Yogyakarta using SMCA technique. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 451(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/451/1/012033>
- Lowry, M. B., Callister, D., Gresham, M., & Moore, B. (2012). Assessment of Communitywide Bikeability with Bicycle Level of Service. *Journal of the Transportation Research Board*, 2314(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.3141/2314-06>
- Lowry, M. B., Furth, P., & Hadden-Loh, T. (2016). Prioritizing new bicycle facilities to improve low-stress network connectivity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 124–140. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.02.003>
- Lu, W., Scott, D. M., & Dalumpines, R. (2018). Understanding bike share cyclist route choice using GPS data: Comparing dominant routes and shortest paths. *Journal of Transport Geography*, 71, 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.07.012>
- Mishra, S., Bhattacharya, D., Chaturvedi, A., & Singh, N. (2022). Assessing micro-mobility services in pandemics for studying the 10-minutes cities concept in India using geospatial data analysis: an application. *Proceedings of the 15th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science*, 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/3557991.3567788>
- Otero, I., Nieuwenhuisen, M. J., & Rojas-Rueda, D. (2018). Health impacts of bike sharing systems in Europe. *Environment International*, 115, 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.014>
- Qiu, L. Y., & He, L. Y. (2018). Bike sharing and the economy, the environment, and health-related externalities. *Sustainability*, 10(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/su10041145>
- Rojas-Rueda, D., de Nazelle, A., Teixidó, O., & Nieuwenhuisen, M. J. (2012). Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study. *Environment International*, 49, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.08.009>
- Sanmiguel-Rodríguez, A. (2022). Bike-sharing systems: Effects on physical activity in a Spanish municipality. *Physical Activity Review*, 10(2), 66–76. <https://doi.org/10.16926/PAR.2022.10.22>
- Tang, Y., Pan, H., & Shen, Q. (2011). Bike-Sharing Systems in Beijing, Shanghai, and Hangzhou and Their Impact on Travel Behavior. *Transportation Research Board 90th Annual Meeting*. Washington, D.C. Diakses dari <https://trid.trb.org/view/1093278>
- Wahyudi, A. A., Widowati, Y. R., & Nugroho, A. A. (2022). Strategi Implementasi Smart City Kota Bandung. *Jurnal Good Governance*. <https://doi.org/10.32834/gg.v18i1.460>
- Wang, M., & Zhou, X. (2017). Bike-sharing systems and congestion: Evidence from US cities. *Journal of Transport Geography*, 65, 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.022>
- Waqas, M., Dong, Q. L., Ahmad, N., Zhu, Y., & Nadeem, M. (2018). Understanding acceptability towards sustainable transportation behavior; A case study of China. *Sustainability*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103686>
- Wasfi, R. A., Ross, N. A., & El-Geneidy, A. M. (2013). Achieving recommended daily physical activity levels through commuting by public transportation: Unpacking individual and contextual influences. *Health and Place*, 23, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.04.006>
- WHO. (2021). Physical Activity Fact Sheet. *World Health Organization*, 1–8. Diakses dari <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-HPR-RUN-2021.2>
- Winters, M., Braurer, M., Setton, E. M., & Teschke, K. (2013). Mapping Bikeability: A Spatial Tool to Support Sustainable Travel. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 40(5), 865–883. <https://doi.org/https://doi.org/10.1068/b38185>
- Wysling, L., & Purves, R. S. (2022). Where to improve cycling infrastructure? Assessing bicycle suitability and bikeability with open data in the city of Paris. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 15, 100648. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100648>
- Yang, H., Zhang, Y., Zhong, L., Zhang, X., & Ling, Z. (2020). Exploring spatial variation of bike sharing trip production and attraction: A study based on Chicago's Divvy system. *Applied Geography*, 115, 102130. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102130>
- Zhang, Y., & Mi, Z. (2018). Environmental benefits of bike sharing: A big data-based analysis. *Applied Energy*, 220, 296–301. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.101>