

Penerapan *Urban Network Analysis* Dalam Pengukuran Aksesibilitas Pejalan Kaki di *Transit Oriented Development* Dukuh Atas

Urban Network Analysis Approach in Measuring Pedestrian Accessibility in Dukuh Atas Transit Oriented Development

Hafidha Aulia Setyanida¹, Endrawati Fatimah¹, Martina Cecilia Adriana¹

Diterima: 21 Agustus 2024

Disetujui: 21 Februari 2025

Abstrak: *Transit Oriented Development* (TOD) merupakan paradigma perencanaan perkotaan yang sedang berkembang pada kota-kota di dunia sebagai salah satu strategi untuk mencapai kota berkelanjutan, termasuk DKI Jakarta. Dukuh Atas adalah kawasan TOD percontohan di Jakarta karena memiliki infrastruktur pejalan kaki yang memadai. Akan tetapi, masih sedikit masyarakat yang memilih untuk berjalan kaki dari dan ke stasiun untuk jarak yang dekat. Masyarakat cenderung menggunakan angkutan umum dan angkutan *online* sebagai *first mile* dan *last mile*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat aksesibilitas kawasan *Transit Oriented Development* (TOD) Dukuh Atas terhadap pemilihan rute pejalan kaki. Dalam penelitian ini, metode kuantitatif dilakukan dengan menggunakan *Urban Network Analysis* (UNA) yang merupakan metode spasial dalam menganalisis koneksi, aksesibilitas, dan efisiensi jalur pejalan kaki. Adapun UNA yang dilakukan terbagi kedalam empat indeks perhitungan, yaitu *Reach*, *Betweenness*, *Closeness*, dan *Straightness*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kawasan TOD Dukuh Atas indeks *reach* yang masih cenderung rendah dengan 53% dari total luas bangunan; indeks *betweenness* memiliki kecenderungan ke arah sedang–tinggi; indeks *closeness* yang rendah yang mengindikasikan kondisi yang baik; dan indeks *straightness* memiliki kecenderungan rendah. Nilai indeks yang tinggi diperlukan untuk mencapai fungsi maksimal bangunan stasiun sebagai simpul transit. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan agar stasiun memiliki nilai aksesibilitas yang tinggi.

Kata Kunci: Aksesibilitas, *Transit Oriented Development*, *Urban Network Analysis*, Jakarta, Dukuh Atas

Abstract: Transit Oriented Development (TOD) is an emerging urban planning paradigm in cities worldwide as a strategy to achieve sustainable urban environments, including in DKI Jakarta. Dukuh Atas is a pilot TOD area in Jakarta due to its adequate pedestrian infrastructure. However, few people choose to walk to and from the station for short distances. Instead, the community tends to use public transportation and online transportation services as their first and last mile options. Therefore, this study aims to assess the accessibility level of the Dukuh Atas TOD area concerning pedestrian route selection. In this research, a quantitative method is employed using Urban Network Analysis (UNA), a spatial method for analyzing connectivity, accessibility, and efficiency of pedestrian pathways. The Urban Network Analysis is divided into four calculation indices: Reach, Betweenness, Closeness, and Straightness. The results indicate that in the Dukuh Atas TOD area, the reach index is relatively low at 53% of the total building area; the betweenness index tends towards medium-high; the closeness index is low, indicating good conditions; and the straightness index tends towards

¹ Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, FALTL, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

Korespondensi: martina.cecilia@trisakti.ac.id

low. High index values are necessary to achieve the maximum function of the station as a transit node. Therefore, efforts are needed to enhance the station's accessibility value.

Keywords: Accessibility, Transit Oriented Development, Urban Network Analysis, Jakarta, Dukuh Atas

PENDAHULUAN

Transit Oriented Development (TOD) merupakan paradigma perencanaan perkotaan yang sedang berkembang pada kota-kota di dunia sebagai salah satu strategi untuk mencapai kota berkelanjutan. Secara umum, TOD didefinisikan sebagai integrasi antara penggunaan lahan campuran dan sistem transportasi. TOD adalah konsep pengembangan yang mengintegrasikan tata guna lahan dan sistem transportasi untuk menciptakan kawasan yang memprioritaskan pejalan kaki (Iamtrakul & Chayphong, 2024). Dalam praktik perencanaan kontemporer, penilaian keberhasilan TOD juga mengalami pergeseran dari sekadar mobilitas menuju aksesibilitas harian yang nyata bagi pengguna terutama pejalan kaki (Litman, 2024). Salah satu tujuan utama TOD adalah meningkatkan aksesibilitas pejalan kaki, yang dapat dicapai dengan merancang jaringan jalan yang terhubung dengan baik, penggunaan lahan campuran, dan ketersediaan fasilitas pendukung seperti trotoar, penyeberangan, dan tempat istirahat (Iksanti, 2021; Jabbari dkk., 2021).

TOD memiliki lima prinsip lingkungan terbangun, yaitu keragaman penggunaan lahan (*diversity*), kepadatan (*density*), desain yang berorientasi pada pejalan kaki (*design*), aksesibilitas tujuan (*destination accessibility*), dan jarak sistem angkutan umum (*distance for transit*) (Ewing & Cervero, 2010). Dalam penerapannya, terutama pada dimensi *design*, hal ini tercermin pada koneksi jaringan, ukuran blok, dan permeabilitas jalur yang terbukti memengaruhi kenyamanan serta pilihan berjalan kaki (Southworth, 2005). Dengan menyediakan skala pelayanan lokal yang memenuhi prinsip tersebut, TOD dirancang untuk memfasilitasi dan memprioritaskan pejalan kaki, pesepeda, dan penggunaan kendaraan tak bermotor (Pongprasert & Kubota, 2019). Dengan demikian, pengembangan TOD diharapkan dapat mengurangi ketergantungan penduduk pada penggunaan kendaraan pribadi dan beralih untuk berjalan kaki pada jarak perjalanan yang dekat. Guna mendukung hal tersebut dibutuhkan aksesibilitas pejalan kaki yang baik.

Salah satu wilayah di Indonesia yang sedang mengembangkan area berbasis TOD adalah DKI Jakarta. Pemerintah DKI Jakarta telah menetapkan beberapa kawasan menjadi kawasan TOD. Salah satunya adalah Dukuh Atas yang didominasi oleh gedung perkantoran dan aktivitas bisnis, sehingga menjadikannya salah satu pusat kegiatan utama di Jakarta dan telah ditetapkan sebagai pusat perpindahan dengan konsep TOD (Shiddieqy dkk., 2022). Kawasan TOD Dukuh Atas merupakan salah satu kawasan yang diprioritaskan menjadi TOD, yang diharapkan dapat menjadi contoh pengembangan kawasan serupa di Jakarta. Hal ini mendorong tingginya pergerakan di wilayah tersebut, baik dari kendaraan bermotor maupun pejalan kaki. Aktivitas ekonomi yang padat dan keberadaan simpul transit dari berbagai moda transportasi publik menjadikannya kawasan yang sangat dinamis dan ramai (Irsal dkk., 2023). Dengan mengintegrasikan berbagai moda transportasi publik, kawasan ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi dan meningkatkan penggunaan transportasi umum, sehingga dapat mengatasi masalah kemacetan dan polusi udara di Jakarta.

Guna memfasilitasi pergerakan tersebut, Dukuh Atas dikembangkan menjadi kawasan berbasis TOD sesuai dengan Peraturan Daerah (Perda) DKI Jakarta Nomor 1 Tahun 2012 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi DKI Jakarta 2011 – 2030 pada tahun 2018. William Sabandar, Direktur PT MRT Jakarta, menyatakan bahwa stasiun Dukuh Atas dipilih sebagai proyek percontohan karena lokasinya yang strategis dan akan menjadi pintu gerbang internasional menuju pusat perekonomian Indonesia. Sesuai Peraturan Gubernur Provinsi

DKI Jakarta Nomor 50 Tahun 2021, salah satu karakteristik kawasan TOD adalah memiliki aksesibilitas tinggi terutama aksesibilitas pejalan kaki. Dengan demikian, penetapan Dukuh Atas sebagai kawasan berbasis TOD diharapkan dapat memiliki aksesibilitas pejalan kaki yang tinggi.

Konsep *Transit Oriented Development* (TOD) menekankan pentingnya aksesibilitas pejalan kaki. Pengimplementasian konsep TOD di Dukuh Atas belum sepenuhnya optimal. Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden tidak menganggap transportasi umum sebagai moda utama pada kawasan TOD Dukuh Atas. Baik komuter maupun warga kurang rela berjalan kaki atau menggunakan sepeda di kawasan transit ini (Rynjani, 2018). Hal itu diperkuat dengan, penelitian lain yang menyebutkan sebagian besar komuter di Stasiun MRT Dukuh Atas BNI menggunakan angkutan *online* (39%) sebagai *first mile* dan *last mile*, sementara hanya 16% yang berjalan kaki (Lestari dkk., 2023). Studi pada skala stasiun menjadi signifikan karena stasiun berperan sebagai simpul utama yang merepresentasikan keberhasilan implementasi TOD secara nyata di lapangan (Adriana, 2022). Kajian mikro seperti ini memungkinkan identifikasi hambatan-hambatan fungsional yang kerap tidak terdeteksi dalam analisis skala makro, serta dapat menyediakan rekomendasi yang lebih aplikatif untuk pengembangan kawasan transit lainnya. Kajian pada tingkat mikro dapat berkontribusi dalam mengidentifikasi hambatan fungsional yang mungkin tidak terlihat pada skala makro.

Meskipun beberapa penelitian terdahulu telah membahas aksesibilitas di kawasan Dukuh Atas menggunakan berbagai metode seperti *walkability index* (Mulyadi, 2020), analisis tingkat kepentingan fasilitas pejalan kaki (Mulyadi & Santosa, 2022), dan analisis spasial berbasis GIS (Sodri dkk., 2020), namun penelitian-penelitian tersebut masih menitikberatkan hanya pada kondisi fisik jalur pejalan kaki dan persepsi pengguna. Penelitian terkait aksesibilitas secara spasial di kawasan TOD Dukuh Atas masih jarang ditemukan, khususnya yang menggunakan pendekatan berbasis konfigurasi ruang. Secara metodologi, tren internasional juga mengarah pada pengukuran aksesibilitas berbasis jaringan dan integrasi data multi-sumber untuk membaca keterhubungan dan kedekatan tujuan secara lebih akurat (Martínez dkk., 2021; Wu dkk., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat aksesibilitas kawasan transit Dukuh Atas menggunakan metode *Urban Network Analysis* (UNA) yang mempertimbangkan bobot bangunan dan struktur jaringan jalan dalam analisisnya, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang aksesibilitas kawasan berbasis konfigurasi ruang.

Urban Network Analysis (UNA) merupakan alat hasil pengembangan dari analisis jaringan perkotaan. UNA berfungsi untuk mengukur dan mengevaluasi aksesibilitas pejalan kaki dalam konteks TOD. UNA memungkinkan dilakukannya analisis konektivitas, aksesibilitas, dan efisiensi jalur pejalan kaki, serta identifikasi area yang memerlukan perbaikan (Iksanti, 2021). Dengan begitu, dapat diketahui bahwa UNA berfungsi untuk mengukur aksesibilitas dan konektivitas antar lokasi spasial di sepanjang jaringan dan memperkirakan pergerakan orang dari asal ke tujuan melalui jaringan yang ada. UNA menggunakan tiga elemen dasar yaitu *edges*, *nodes*, dan *buildings* (Sevtsuk & Mekonnen, 2012). Kelebihan dari metode ini adalah sudah memasukan pengaruh posisi 3D dan keterlibatan entitas bangunan sebagai bagian yang tidak terpisahkan dalam sebuah analisis (Tiarasari & Kartidjo, 2021).

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif. Tujuan utama pendekatan ini adalah mengungkap fenomena melalui penggunaan data numerik, menganalisisnya secara terukur baik secara matematis maupun statistik, dan menginterpretasikannya pada peta.

Dalam penelitian ini, metode kuantitatif dilakukan dengan komputasi berbasis spasial menggunakan *Urban Network Analysis* (UNA) dan tumpang susun peta. Metode ini meliputi pengukuran jarak, analisis kerapatan, indeks aksesibilitas, dan penggunaan model matematika. Perhitungan-perhitungan tersebut menghasilkan empat indeks *Urban Network Analysis*, yaitu *Reach* (Keterjangkauan), *Betweenness* (Keterhubungan), *Straightness* (Kelurususan), dan *Closeness* (Kedekatan), yang dapat dipakai untuk mengukur tingkat aksesibilitas pejalan kaki pada suatu kawasan.

Tabel 1. Variabel *Urban Network Analysis*

Sasaran	Variabel	Sub Variabel	Sumber Data
Aksesibilitas Kawasan TOD Dukuh Atas dengan <i>Urban Network Analysis</i>	<i>Reach</i>	Jaringan jalan Volume bangunan	JakartaSatu, OpenStreetMap, Google StreetView, Observasi
	<i>Betweenness</i>	Jaringan jalan Jumlah simpang	JakartaSatu, Hasil olah data, Observasi
	<i>Closeness</i>	Jaringan jalan	JakartaSatu, OpenStreetMap, Observasi
	<i>Straightness</i>	Jaringan jalan	JakartaSatu, OpenStreetMap, Observasi

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode *Urban Network Analysis* (UNA). Metode ini dipilih untuk melengkapi penelitian sebelumnya mengenai aksesibilitas pejalan kaki di kawasan TOD Dukuh Atas, yang lebih menitikberatkan pada kondisi fisik jalur pejalan kaki dan persepsi pengguna. Sementara UNA mempertimbangkan bobot bangunan dan struktur jaringan jalan. Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi pendekatan komputasi berbasis spasial untuk mengukur tingkat aksesibilitas di kawasan TOD.

Reach, dalam konteks analisis graf, didefinisikan sebagai agregasi bobot dari seluruh simpul yang dapat diakses dari suatu simpul asal, dengan mempertimbangkan batasan jarak dan bobot masing-masing simpul tujuan. Peningkatan nilai *reach* suatu simpul mengindikasikan perluasan jangkauan atau pengaruhnya dalam jaringan, yang tercermin dari kemampuannya untuk menjangkau dan berinteraksi dengan lebih banyak simpul lain, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam jaringan transportasi, *reach* suatu stasiun atau halte dapat menunjukkan seberapa banyak lokasi yang dapat diakses dengan mudah dari stasiun atau halte tersebut.

$$Reach[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} w[j] \quad (1)$$

Persamaan 1 merupakan Komponen rumus Indeks *Reach*. Komponen rumus Indeks *Reach* yaitu *r* merupakan *Reach*; *i* merupakan *origins*; *j* merupakan *destination*; *d* merupakan jarak (*distance*), *G* merupakan Grafik; dan *W* merupakan bobot (*weight*) (Sevtsuk & Mekonnen, 2012).

Betweenness mengukur seberapa sering suatu simpul berperan sebagai jembatan dalam jalur terpendek antara pasangan simpul-simpul lain di dalam graf. *Betweenness* suatu simpul diukur dengan menghitung proporsi jalur terpendek antara pasangan simpul lain yang melewati simpul tersebut, dengan mempertimbangkan bobot simpul dan batasan jarak. Semakin tinggi nilai *betweenness* suatu simpul, semakin penting peran simpul tersebut dalam menghubungkan simpul-simpul lain di dalam graf. Dalam jaringan transportasi, simpul dengan *betweenness* tinggi bisa jadi persimpangan atau stasiun penting yang menghubungkan banyak rute perjalanan.

$$Betweenness[i]^r = \sum_{j,k \in G - \{i\}, d[j,k] \leq r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} W[j] \quad (2)$$

Persamaan 2 merupakan Komponen Rumus Indeks *Betweenness*. Komponen Rumus Indeks *Betweenness* yaitu *i* merupakan *origins*; *j* merupakan *destination*; *d* merupakan jarak (*distance*); *G* merupakan grafik; *W* merupakan bobot (*weight*); *n_{jk}[i]* merupakan jumlah jalur terpendek dari *origins* *j* ke *destination* *k* yang lewat melalui *i*; dan *n_{jk}* merupakan jumlah total jalan terpendek dari (*j*) ke (*k*) (Sevtsuk & Mekonnen, 2012).

Straightness pada dasarnya mengukur seberapa "lurus" jalur-jalur terpendek yang melewati simpul *i* dalam graf tersebut. Semakin lurus jalur-jalur tersebut, semakin tinggi nilai *straightness* simpul *i*. Semakin tinggi nilai *straightness* suatu simpul, semakin strategis posisi simpul tersebut dalam menghubungkan simpul-simpul lain secara efisien dalam suatu graf. Dalam analisis jaringan, nilai *straightness* yang tinggi pada suatu simpul mengindikasikan posisi strategisnya dalam memfasilitasi konektivitas efisien antar simpul-simpul lain, ditandai dengan jalur-jalur terpendek yang cenderung lurus dan langsung.

$$Straightness[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{\delta[i,j]}{d[i,j]} \cdot W[j] \quad (3)$$

Persamaan 3 merupakan Komponen Rumus Indeks *Straightness*. Komponen Rumus Indeks *Straightness* yaitu *i* merupakan *origins*; *j* merupakan *destination*; *d* merupakan jarak (*distance*); *G* merupakan Grafik; *W* merupakan Bobot (*weight*); *δ[i,j]* merupakan garis lurus jarak *euclidean* antara *i* dan *j*; *d[i,j]* merupakan jarak *network* terdekat antara *i* dan *j* (Sevtsuk & Mekonnen, 2012).

Closeness mengukur seberapa dekat suatu simpul dengan semua simpul lain dalam graf. Semakin tinggi nilai *closeness* suatu simpul, semakin "dekat" atau "sentral" posisi simpul tersebut dalam jaringan, karena memiliki jarak yang relatif pendek ke simpul-simpul lainnya. Dalam jaringan transportasi, simpul dengan *closeness* tinggi bisa jadi lokasi strategis yang memudahkan akses ke berbagai tujuan lain dalam jaringan.

$$Closeness[i]^r = \frac{1}{\sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} (d[i,j] \cdot W[j])} \quad (4)$$

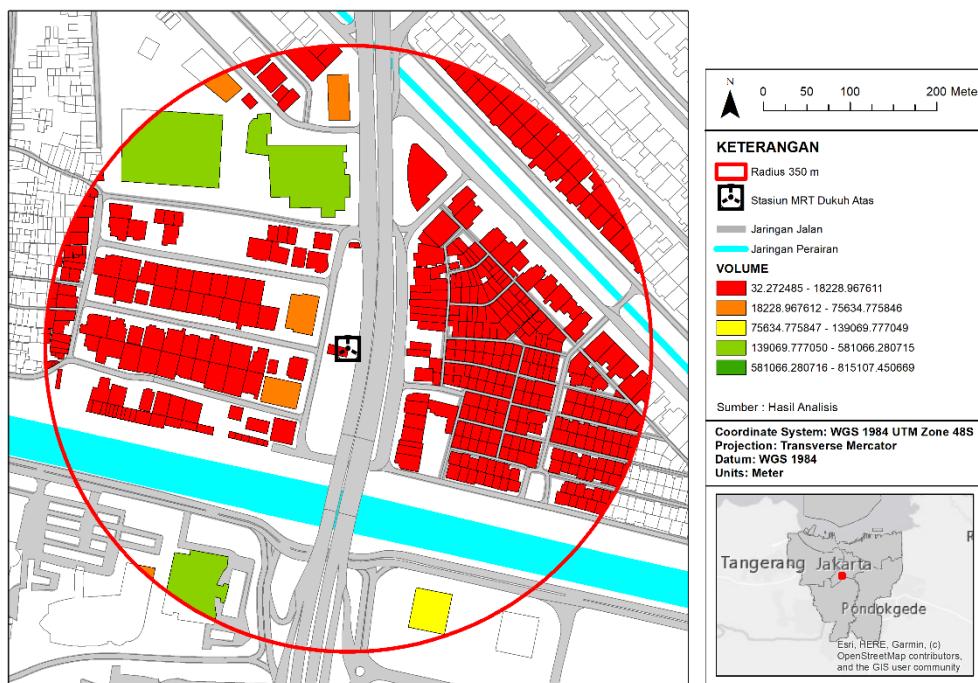
Persamaan 4 merupakan Komponen Rumus Indeks *Closeness*. Komponen Rumus Indeks *Closeness* yaitu *i* merupakan *origins*; *j* merupakan *destination*; *d* merupakan jarak (*distance*); *G* merupakan grafik; *W* merupakan bobot (*weight*); dan *δ[i,j]* merupakan garis lurus jarak *euclidean* antara *i* dan *j* (Sevtsuk & Mekonnen, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Urban Network Analysis yang dilakukan terbagi kedalam empat indeks perhitungan, yaitu *Reach*, *Betweenness*, *Closeness*, dan *Straightness*. Keempat indeks ini merepresentasikan tingkat aksesibilitas pejalan kaki pada kawasan TOD Dukuh Atas. Berdasarkan hasil perhitungan, luas bangunan terbesar pada kawasan tersebut adalah 9680.96 meter persegi dan terkecil adalah 29.27 meter persegi. Volume tertinggi didominasi oleh rumah susun dan yang terendah adalah rumah kecil.

Tabel 2. Luas dan Volume Berdasarkan Penggunaan Lahan

No	Penggunaan Lahan	Luas rata-rata	Volume rata-rata
1	Campuran	134.88	1787.16
2	Perdagangan dan Jasa	381.88	4288.53
3	Perhotelan	486.67	9508.11
4	Perkantoran	4196.72	220212.91
5	Rumah Besar	452.98	1326.79
6	Rumah Kecil	29.27	105.82
7	Rumah Sedang	205.22	895.12
8	Rumah Susun (Rusun)	9680.96	338833.46
9	Rumah Toko (Ruko)	160.26	1175.02
10	Stasiun	242.63	1819.69



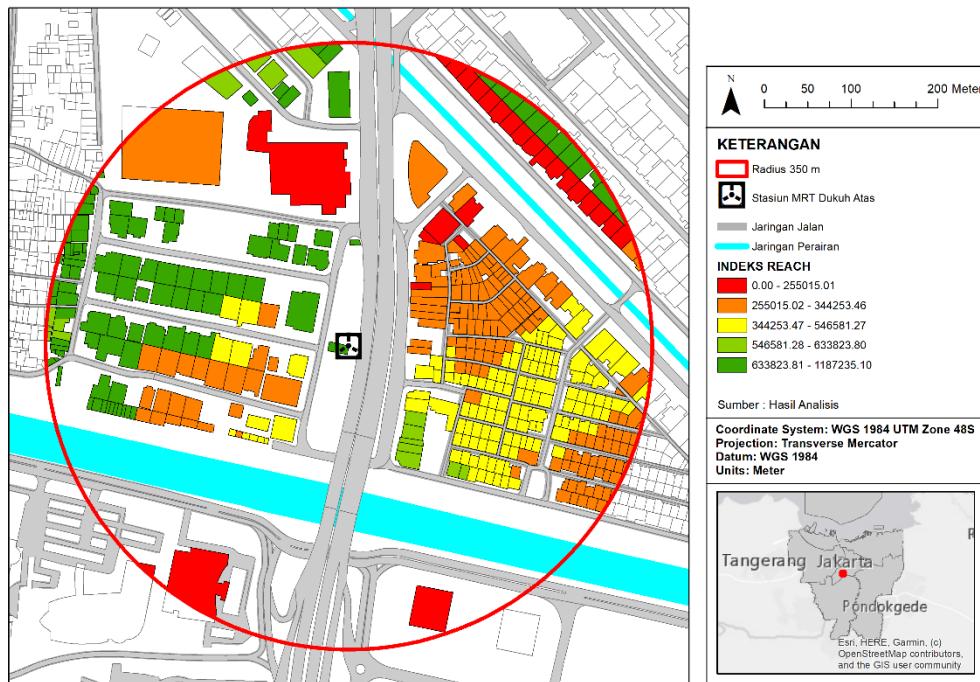
Gambar 1. Peta Volume Bangunan

Reach adalah indeks yang menggambarkan jumlah tujuan yang dapat dicapai dari titik awal perjalanan dalam radius tertentu di suatu lingkungan. Nilai indeks yang tinggi menandakan aksesibilitas yang tinggi yang dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu ukuran bangunan, kepadatan bangunan, dan kerapatan jaringan jalan. Hasil analisis dan pemetaan indeks *reach* di kawasan Dukuh Atas menunjukkan bahwa indeks *reach* dapat dikategorikan ke dalam lima kelompok. Menggunakan metode kuantil, nilai indeks *reach* yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Indeks Reach

No	Nilai Indeks Reach	Kategori	Luas (m ²)	Persetase
1	0.00 - 255015.01	Sangat Rendah	30996.66	20.5%
2	255015.02 - 344253.46	Rendah	48036.03	31.9%
3	344253.47 - 546581.27	Sedang	27107.89	18.0%
4	546581.28 - 633823.80	Tinggi	7485.22	5.0%
5	633823.81 - 1187235.10	Sangat	37178.56	24.6%

Dengan pengkategorian tersebut, indeks *reach* pada kategori sangat rendah mencakup 30.996,66 meter persegi atau 20,5%, dan kategori rendah mencakup 48.036,03 meter persegi atau 31,9%. Sementara itu, indeks *reach* pada kategori tinggi mencakup 7.485,22 meter persegi atau 5%, dan kategori sangat tinggi mencakup 37.178,56 meter persegi atau 24,6%. Hal ini menunjukkan pada kawasan ini, indeks *reach* didominasi oleh kategori rendah dan sangat rendah. Temuan ini juga sejalan dengan analisis Zhang, (2025), yang menyatakan bahwa indeks *reach* yang rendah di sekitar simpul transit sering kali dipengaruhi oleh keterputusan jaringan jalan dan tidak optimalnya integrasi fungsi guna lahan.



Gambar 2. Peta Indeks *Reach*

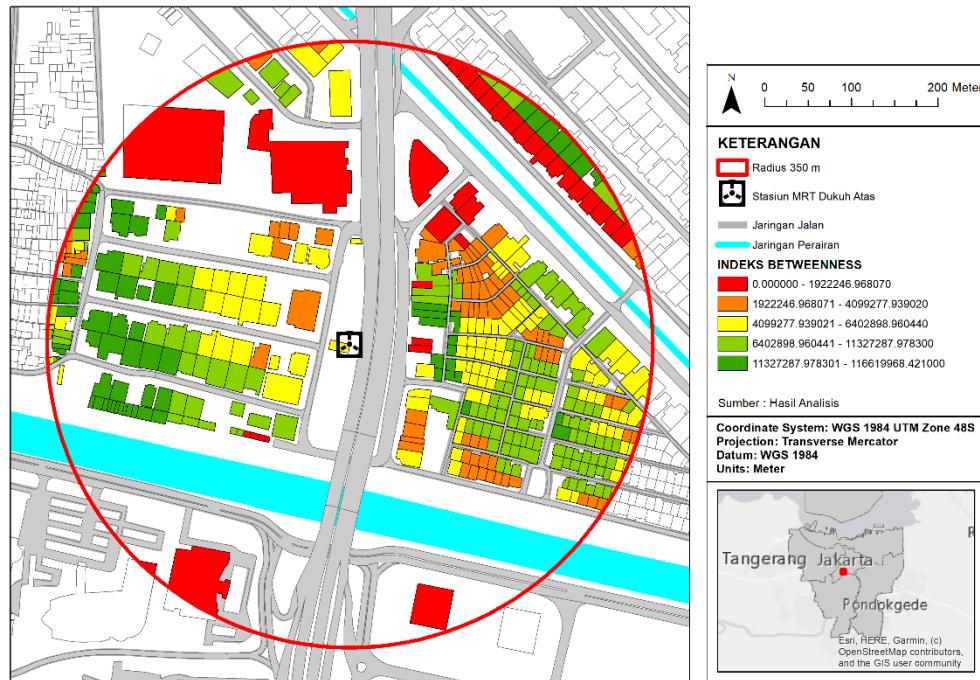
Indeks *betweenness* merepresentasikan pengaruh suatu bangunan dalam jaringan jalan. Pada studi ini, indeks ini dihitung untuk menganalisis volume dan arus pejalan kaki di kawasan TOD Dukuh Atas. Nilai indeks yang tinggi mengindikasikan aksesibilitas yang tinggi yang dipengaruhi oleh konfigurasi jaringan jalan, khususnya konektivitas dan ukuran blok. Hasil analisis dan pemetaan indeks *betweenness* di kawasan Dukuh Atas menunjukkan bahwa indeks *betweenness* dapat dikategorikan ke dalam lima kelompok. Menggunakan metode kuantil, nilai indeks *betweenness* yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Indeks *Betweenness*

No	Nilai Indeks <i>Betweenness</i>	Kategori	Luas (m ²)	Persetase
1	0.000000-1922246.97	Sangat Rendah	43791.58	29.1%
2	1922246.968071 - 4099277.939020	Rendah	18129.05	12.0%
3	4099277.939021 - 6402898.960440	Sedang	31091.41	20.6%
4	6402898.960441 - 11327287.978300	Tinggi	36958.84	24.5%
5	11327287.978301 - 116619968.421000	Sangat	20833.48	13.8%

Dengan pengkategorian tersebut, indeks *betweenness* pada kategori sangat rendah mencakup 43.791,58 meter persegi atau 29,1%, dan kategori rendah mencakup 18.129,05 meter persegi atau 12%. Sementara itu, indeks *betweenness* pada kategori tinggi mencakup

36.958,84 meter persegi atau 24,5%, dan kategori sangat tinggi mencakup 20.833,48 meter persegi atau 13,8%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa di kawasan TOD Dukuh Atas, indeks *betweenness* cenderung berada pada kategori sedang hingga sangat tinggi.



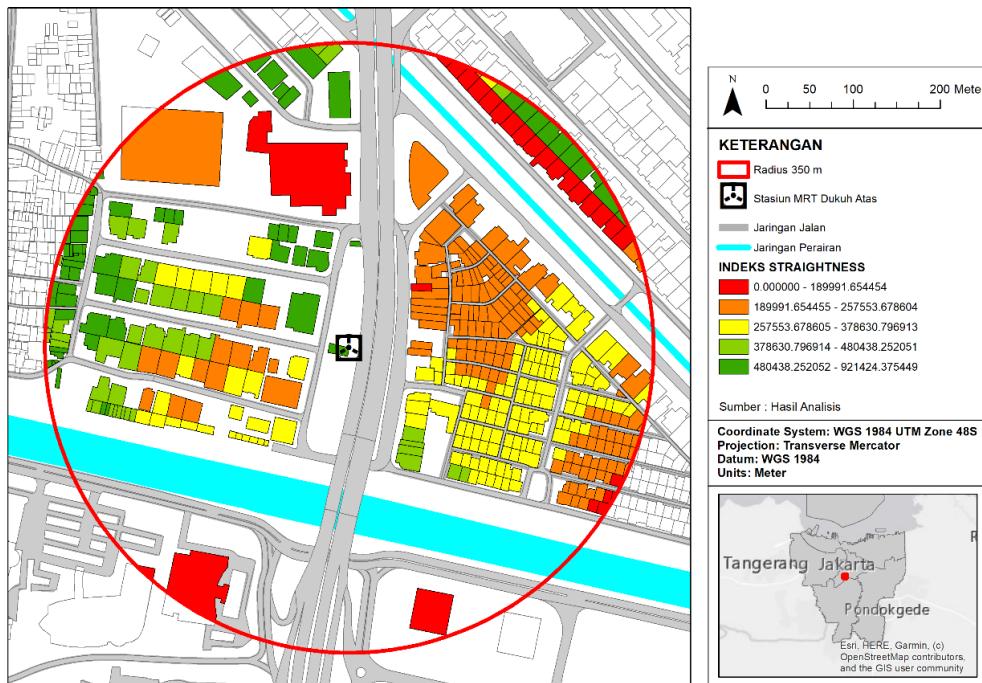
Gambar 3. Peta Indeks *Betweenness*

Indeks *straightness* menunjukkan kemampuan jangkauan akses lurus dan menggambarkan kepentingan suatu titik dalam jaringan jalan. Nilai indeks yang tinggi menandakan aksesibilitas yang tinggi dan visibilitas yang baik, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi *landmark* (Tiarasari & Kartidjo, 2021). Hasil analisis dan pemetaan terhadap indeks *straightness* di Kawasan Dukuh Atas menunjukkan bahwa indeks *straightness* dapat dikelompokkan ke dalam lima kategori menggunakan metode kuantil. Nilai indeks *straightness* yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Indeks *Straightness*

No	Nilai Indeks <i>Straightness</i>	Kategori	Luas (m ²)	Persetase
1	0.000000 - 189991.654454	Sangat Rendah	30267.78	20.1%
2	189991.654455 - 257553.678604	Rendah	48666.36	32.3%
3	257553.678605 - 378630.796913	Sedang	31818.86	21.1%
4	378630.796914 - 480438.252051	Tinggi	14205.38	9.4%
5	480438.252052 - 921424.375449	Sangat	25845.98	17.1%

Dengan pengkategorian tersebut, indeks *straightness* pada kategori sangat rendah mencakup 30.267,78 meter persegi atau 20,1%, dan kategori rendah mencakup 48.666,36 meter persegi atau 32,3%. Sementara itu, indeks *straightness* pada kategori tinggi mencakup 14.205,38 meter persegi atau 9,4%, dan kategori sangat tinggi mencakup 25.845,98 meter persegi atau 17,1%. Hasil analisis indeks *straightness* menunjukkan bahwa mayoritas area di kawasan ini cenderung rendah dengan total kategori rendah dan sangat rendah sebesar 52,4%. Hal ini menunjukkan kawasan memiliki aksesibilitas dan visibilitas yang relatif rendah.



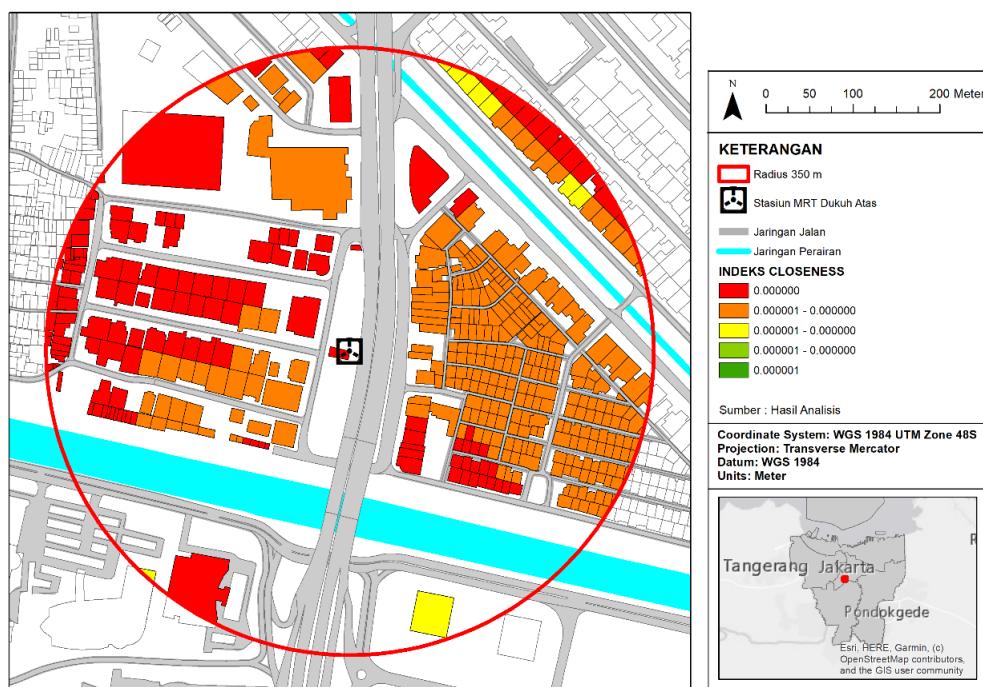
Gambar 4. Peta Indeks *Straightness*

Indeks *closeness* mengukur sentralitas suatu bangunan dalam jaringan jalan berdasarkan jaraknya terhadap bangunan lain. Nilai indeks yang rendah mengindikasikan aksesibilitas yang tinggi dan integrasi yang baik dengan lingkungan sekitar. Hasil analisis dan pemetaan terhadap indeks *closeness* di kawasan Dukuh Atas menunjukkan bahwa indeks *closeness* dapat dikelompokkan ke dalam lima kategori menggunakan metode kuantil. Nilai indeks *closeness* yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Indeks *Closeness*

No	Nilai Indeks <i>Closeness</i>	Kategori	Luas (m ²)	Persetase
1	0.000000000 - 0.000000007	Sangat Rendah	61706.25	40.9%
2	0.000000007 - 0.000000009	Rendah	76474.37	50.7%
3	0.000000009 - 0.000000015	Sedang	12623.74	8.4%
4	0.000000015 - 0.000000019	Tinggi	0	0.0%
5	0.000000019 - 0.000000590	Sangat	0	0.0%

Dengan pengkategorian tersebut, indeks *closeness* pada kategori sangat rendah mencakup 61.706,25 meter persegi (40,9%) dan kategori rendah mencakup 76.474,37 meter persegi (50,7%). Sementara itu, indeks *closeness* pada kategori sedang mencakup 12.623,74 meter persegi (8,4%). Indeks *closeness* pada kategori tinggi dan sangat tinggi adalah 0 (nol) atau tidak ada. Indeks *closeness* yang cenderung berada pada kategori sangat rendah hingga rendah yang mengindikasikan aksesibilitas kawasan tergolong tinggi.



Gambar 5. Peta Indeks *Closeness*

UNA menggunakan tiga elemen utama, yaitu titik (*nodes*), garis (*edges*), dan bangunan (*buildings*). Bangunan merepresentasikan kegiatan, dan dalam penelitian ini, elemen bangunan yang digunakan meliputi luas, ketinggian, dan volume bangunan dengan data yang diambil dalam radius 500 meter dari Stasiun MRT Dukuh Atas. Garis dan titik, yang berupa panjang jalan dan jumlah persimpangan, diukur dalam radius 700 meter untuk mendapatkan hasil metrik UNA pada radius 350 meter. Hasil analisis UNA ini kemudian dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu, Rencana Detail Tata Ruang (RDTR), dan aturan-aturan lain terkait dengan TOD Dukuh Atas, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi untuk pengembangan Kawasan TOD Dukuh Atas.

Berdasarkan Penggunaan Lahan eksisting dan RDTR DKI Jakarta 2022, diketahui bahwa sekitar 20% lahan di Kawasan TOD Dukuh Atas dapat mengalami perubahan fungsi dan penggunaan, sehingga ada kemungkinan untuk pembangunan kembali. Guna meningkatkan aksesibilitas pejalan kaki, intensitas pemanfaatan lahan di kawasan TOD Dukuh Atas dapat dimaksimalkan dengan Koefisien Lantai Bangunan (KLB) 14 ditambah intensitas bonus sebesar 4,2 pada area yang diarahkan menjadi zona Perdagangan dan Jasa (K-1).

Adapun rekomendasi akhir dari penelitian ini terkait dengan pengembangan Kawasan TOD Dukuh Atas adalah sebagai berikut:

1. Perubahan Guna Lahan Eksisting

Melakukan perubahan guna lahan eksisting berdasarkan Rencana Detail Tata Ruang DKI Jakarta Tahun 2022, dari permukiman atau hunian menjadi Perdagangan dan Jasa Skala Kota di bagian barat kawasan TOD, serta perubahan intensitas pemanfaatan lahan permukiman di bagian timur kawasan TOD sesuai dengan aturan yang berlaku.

2. Peningkatan Volume Bangunan

Meningkatkan volume bangunan dengan mengoptimalkan intensitas massa bangunan (KDB dan KLB) sesuai dengan aturan intensitas pemanfaatan lahan yang berlaku.

3. Pengembangan Jaringan Jalan

Mengembangkan jaringan jalan yang saling terhubung antarbangunan dan antarkawasan dengan pola grid, dengan panjang blok tidak lebih dari 200 meter, sehingga memudahkan orientasi pejalan kaki.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Kawasan TOD Dukuh Atas memiliki indeks *reach* masih cenderung rendah, indeks *betweenness* memiliki kecenderungan ke arah sedang hingga tinggi, indeks *straightness* cenderung rendah, dan indeks *closeness* yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa Dukuh Atas belum mencapai fungsi maksimal sebagai kawasan TOD yang mendorong orang untuk berjalan kaki. Nilai indeks yang tinggi diperlukan untuk mencapai fungsi maksimal kawasan. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan agar stasiun memiliki nilai aksesibilitas yang tinggi pada semua variabel.

Nilai *closeness* yang tinggi menunjukkan bahwa tidak ada bangunan yang terisolasi pada kawasan TOD. Sementara, nilai indeks *reach*, *straightness*, dan *betweenness* masih beragam dan tidak merata. Perbedaan dalam nilai *reach*, *straightness*, dan *betweenness* menunjukkan bahwa titik-titik dalam jaringan transportasi memiliki tingkat keterjangkauan, konektivitas, dan peran penghubung yang sangat bervariasi. Hal ini dapat mempengaruhi kemudahan aksesibilitas bagi pejalan kaki, ketersediaan rute langsung, dan potensi kepadatan arus pejalan kaki di titik-titik penghubung tertentu, sehingga berdampak pada kenyamanan dan efisiensi pejalan kaki. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan dengan cara pemaksimalan intensitas massa bangunan dan pembuatan UDGL yang mempertimbangkan bentuk pola jalan mengarah ke *grid* dan panjang blok tidak lebih dari 200m.

Penelitian ini memiliki kekurangan dengan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan penggunaan lahan dan kepentingan bangunan yang lebih detail dalam analisisnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan untuk pemerintah dan pengembang dalam perancangan kawasan TOD Dukuh Atas dalam skala yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriana, M. C. (2022). Potensi Pengembangan TOD di Kota Medan: Studi Kasus di Stasiun Medan. *Tataloka*, 24(1), 35–44. DOI: <https://doi.org/10.14710/tataloka.24.1.35-44>.
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265–294. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>.
- Iamtrakul, P., & Chayphong, S. (2024). Exploring Spatial Accessibility to Urban Activities Based on the Transit-Oriented Development Concept in Pathum Thani, Thailand. *Sustainability (Switzerland)*, 16(5). DOI: <https://doi.org/10.3390/su16052195>.
- Iksanti, A. N. (2021). *Walkability Design Study Using Urban Network Analysis in Tanah Abang Station Area Jakarta*.
- Irsal, R. M., Hasibuan, H. S., & Azwar, S. A. (2023). Spatial Modeling for Residential Optimization in Dukuh Atas Transit-Oriented Development (TOD) Area, Jakarta, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/su15010530>.
- Jabbari, M., Fonseca, F., & Ramos, R. (2021). Accessibility and connectivity criteria for assessing walkability: An application in qazvin, iran. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7). DOI: <https://doi.org/10.3390/su13073648>.
- Lestari, F., P. Nasution, A., Hakim, N., & Wahyudi, M. D. A. (2023). *Kajian Karakteristik Pengguna MRT Stasiun Dukuh Atas BNI Kecamatan Tanah Abang Kota Jakarta Pusat*. Retrieve from <http://repository.iti.ac.id/jspui/handle/123456789/2117>.
- Litman, T. A. (2024). *Evaluating Accessibility for Transportation Planning Evaluating Accessibility for Transportation Planning*.
- Martinez, M., Rojas, C., Condeço-Melhorado, A., & Carrasco, J. A. (2021). Accessibility Indicators for the Geographical Assessment of Transport Planning in a Latin American Metropolitan Area. *Geographies*, 1(2), 124–142. DOI: <https://doi.org/10.3390/geographies1020008>.
- Mulyadi, A. M. (2020). Analisis Nilai Walkability Pada Fasilitas Pejalan Kaki di Kawasan Transit Oriented Development (TOD). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 37(2), 116–129.

- Mulyadi, A. M., & Santosa, W. (2022). Tingkat Kepentingan dan Kualitas Fasilitas Pejalan Kaki dan Korelasinya Terhadap Walkability Pada Kawasan Transit Oriented Development Di Jakarta. *Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia*, 8(1), 27–38.
- Pongprasert, P., & Kubota, H. (2019). TOD residents' attitudes toward walking to transit station: a case study of transit-oriented developments (TODs) in Bangkok, Thailand. *Journal of Modern Transportation*, 27(1), 39–51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40534-018-0170-1>.
- Rynjani, G. P. R. (2018). *Analisa perilaku perjalanan pada kawasan transit oriented development di Dukuh Atas Provinsi DKI Jakarta*. Retrieve from <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20485818&lokasi=lokal>.
- Sevtsuk, A., & Mekonnen, M. (2012). Urban network analysis. A new toolbox for ArcGIS. *Revue internationale de géomatique*, 22(2), 287–305. DOI: <https://doi.org/10.3166/rig.22.287-305>.
- Shiddieqy, M. A. A., Fatimah, E., & Adriana, M. C. (2022). Upaya Peningkatan Fasilitas Pejalan Kaki Di Kawasan Dukuh Atas Dengan Menggunakan Metode Importance Performance Analysis. *Jurnal Bhuwana*, 2(1), 31–44. <https://doi.org/10.25105/bhuwana.v2i1.14461>.
- Sodri, A., Harmain, R., & Hasibuan, H. S. (2020). Model Spasial Lingkungan Buatan Kawasan Transit Oriented Development (TOD) DKI Jakarta Studi Kasus Kawasan TOD Dukuh Atas DKI Jakarta. *Majalah Ilmiah GLOBE*, 22(1), 41–50. DOI: <https://doi.org/10.24895/MIG.2019.22-1.1157>.
- Southworth, M. (2005). Designing the Walkable City. *Journal of Urban Planning and Development*, 131(4), 246–257. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9488\(2005\)131:4\(246\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9488(2005)131:4(246).
- Tiarasari, R., & Kartidjo, W. (2021). Assesment of Pedestrian Walkability in the Urban Village with Urban Nework Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012065>.
- Wu, T., Li, M., & Zhou, Y. (2023). Measuring Metro Accessibility: An Exploratory Study of Wuhan Based on Multi-Source Urban Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(1), 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi12010018>.
- Zhang, M. (2025). Next-Gen TOD: Transforming Transit Oriented Development to Embrace New Challenges and Opportunities. *Urban Rail Transit*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40864-025-00242-y>.