



Analisis Konektivitas Pejalan Kaki dan Entropi Tata Guna Lahan pada Lima Simpul Transit di Kawasan TOD Dukuh Atas, Jakarta Pusat

Teungku Nelly Fatmawati, Agus Budi Purnomo, Punto Wijayanto

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti, Jakarta Barat

| Diterima 19 Mei 2025 | Disetujui 29 Juli 2025 | Diterbitkan 21 September 2025 |
| DOI <http://dx.doi.org/10.32315/jlbi.v14i3.493> |

Abstrak

Kawasan *Transit Oriented Development* (TOD) Dukuh Atas mencakup lima simpul transit: Stasiun KRL Sudirman, BNI City, MRT Dukuh Atas, LRT Dukuh Atas, dan BRT TransJakarta Bundaran HI. Penelitian ini bertujuan menganalisis konektivitas pejalan kaki melalui pengukuran rata-rata waktu dan jarak tempuh dari tiap simpul transit kesepuluh fungsi lahan dalam radius 800 meter dari simpul transit, serta mengevaluasi tingkat keberagaman tata guna lahan menggunakan entropi. Penelitian ini juga bertujuan untuk melihat keterkaitan antara konektivitas simpul transit dengan keberagaman tata guna lahan pada kawasan TOD Dukuh Atas, Jakarta. Data penelitian ini dikumpulkan dari Google Maps. Hasil menunjukkan waktu dan rata-rata jarak jalan kaki ke simpul transit (konektivitas) terpendek terdapat di sekitar simpul transit KRL Sudirman (6,58 menit; 490,75 m), dan keberagaman tata guna lahan (entropi) tertinggi ada di kawasan simpul transit BRT TransJakarta Bundaran HI ($SE = 0,957$). Berdasarkan model *Node-Place* Bertolini, simpul BRT TransJakarta Bundaran HI dikategorikan sebagai *Stressed area*, LRT Dukuh Atas sebagai *Dependence node*, BNI City sebagai *Unbalanced Place*, serta KRL Sudirman dan MRT Dukuh Atas sebagai *Unbalanced Nodes*.

Kata-kunci: Entropi Tata Guna Lahan, Konektivitas, Model *Node-Place*, Simpul Transit, *Transit Oriented Development*, Tod

Analysis on Pedestrian Connectivity and Land Use Entropy at Five Transit Nodes in Dukuh Atas TOD Area, Central Jakarta

Abstract

The Dukuh Atas Transit-Oriented Development (TOD) area encompasses five major transit nodes: Sudirman Commuter Line, BNI City, Dukuh Atas MRT, Dukuh Atas LRT, and Bundaran HI BRT TransJakarta. This study aims to analyze pedestrian connectivity by measuring the average walking time and distance from each transit nodes to land-use functions within 800 meter radius from the transit node, while also evaluating land-use diversity using an entropy-based approach. This research will also looks at the relationship between connectivity to transit nodes and land use entropy as a based to categorized the five transit nodes mentioned previously. The data on connectivity was gathered from Google Maps, which are then used to calculate land use entropy of the area 800 meter radius from each transit node. Findings reveal that the shortest walking time and distance occur at Sudirman Commuter Line Station (6.58 minutes; 490.75 meters), while the highest entropy value is observed at the Bundaran HI BRT TransJakarta Bus Stop ($SE = 0.957$), indicating a higher degree of land-use diversity. Based on Bertolini's Node-Place model, the Bundaran HI TransJakarta BRT is categorized as a *Stressed area*, Dukuh Atas LRT as a *Dependence node*, BNI City as an *Unbalanced Place*, and both Sudirman Commuter Line and Dukuh Atas MRT as *Unbalanced Nodes*.

Keywords: Connectivity, Land-Use Entropy, Node-Place Model, Transit Nodes, Transit Oriented Development, Tod

Kontak Penulis

Teungku Nelly Fatmawati
Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti
Jl. Letjen S. Parman No. 1 Kampus A, Grogol, Jakarta Barat, 11440
E-mail: teungku.nelly@trisakti.ac.id



Pendahuluan

Transit Oriented Development (TOD) merupakan pendekatan perencanaan kota berkelanjutan yang menitikberatkan pada pengembangan tata guna lahan dengan tingkat keberagaman tertentu yang terpadu dan terkoneksi dengan simpul transit atau transportasi umum massal. Kawasan TOD umumnya dirancang dalam radius 400–800 meter dari simpul transit, dengan tujuan menciptakan lingkungan yang padat, memiliki fungsi campuran, serta mudah diakses dengan berjalan kaki dalam waktu lima hingga lima belas menit [1]. Dalam implementasinya, konsep TOD mengintegrasikan kebijakan transportasi, tata guna lahan, dan pertimbangan lingkungan untuk mendukung mobilitas berkelanjutan, efisiensi ruang kota, serta peningkatan kualitas hidup masyarakat [2, 3].

Kawasan TOD dapat dikategorikan berdasarkan keseimbangan antara konektivitas simpul transit dengan fungsi-fungsi yang ada pada kawasan, dan keberagaman tata guna lahan yang ada di kawasan tersebut. Pada kawasan TOD Dukuh Atas terdapat lima simpul transit. Dengan demikian tentu memiliki kompleksitas permasalahan konektivitas dan keberagaman yang menarik untuk diteliti. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur konektivitas simpul transit dan keberagaman tata guna lahan yang ada di kawasan TOD Dukuh Atas. Selain itu, penelitian ini juga akan melihat bagaimana kelima simpul transit tersebut dapat dikategorikan berdasar keseimbangan antara konektivitas dan keberagaman tata guna lahannya.

Tinjauan Literatur

Salah satu elemen kunci dalam kawasan TOD adalah konektivitas pejalan kaki dari simpul transit menuju berbagai fungsi lahan. Konektivitas tersebut sangat penting agar masyarakat terdorong untuk beralih dari penggunaan kendaraan bermotor pribadi ke mode transportasi umum atau berjalan kaki. Dalam konteks ini, radius 800 meter dari simpul transit dianggap sebagai batas ideal bagi pengguna untuk berjalan kaki dalam menjangkau berbagai fasilitas dan aktivitas sehari-hari [4]. Tingkat konektivitas jalan kaki yang tinggi tidak hanya mendukung pola mobilitas yang efisien dan rendah emisi, tetapi juga berkontribusi terhadap terciptanya lingkungan perkotaan yang lebih inklusif, sehat, dan berkelanjutan [4, 5].

Tata guna lahan dalam kawasan TOD memiliki peran strategis dalam membentuk pola mobilitas dan mendukung terciptanya lingkungan yang *walkable*. Prinsip dasar TOD mendorong penerapan pola guna

lahan campuran (*mixed-use*), di mana berbagai fungsi seperti hunian, komersial, pendidikan, kesehatan, dan rekreasi ditempatkan secara saling berdekatan dan terkoneksi secara spasial. Keberagaman fungsi ini memungkinkan masyarakat untuk memenuhi berbagai kebutuhan harian dalam satu kawasan tanpa harus bergantung pada kendaraan bermotor.

Semakin tinggi tingkat keberagaman fungsi lahan dalam radius jalan kaki dari simpul transit, semakin besar pula peluang terwujudnya mobilitas aktif yang efisien dan berkelanjutan. Dalam konteks ini, tata guna lahan tidak hanya dipahami sebagai peruntukan ruang semata, tetapi juga sebagai instrumen untuk menciptakan lingkungan kota yang terintegrasi dan responsif terhadap kebutuhan pejalan kaki.

Oleh sebab itu, pengukuran keberagaman fungsi peruntukan lahan atau *mixed land use* menjadi salah satu indikator penting dalam menciptakan lingkungan yang mendukung mobilitas pejalan kaki. Keberagaman fungsi lahan yang terintegrasi secara spasial memungkinkan individu untuk mengakses berbagai tujuan dalam jarak yang dapat ditempuh dengan berjalan kaki, sehingga mendukung penggunaan mode transportasi *non-motorized*. Manaugh dan Kreider [6] menegaskan bahwa keragaman guna lahan merupakan elemen esensial untuk mendorong perjalanan non-motor dan memastikan akses terhadap beragam fungsi kota. Pandangan ini diperkuat oleh penelitian lain [7] yang menyatakan bahwa *mixed land use* merupakan salah satu indikator paling signifikan untuk menunjang mobilitas perkotaan yang efisien dan pembangunan yang berkelanjutan.

Namun demikian, menurut Na dan Choi [8], meskipun indeks entropi sering digunakan untuk mengukur keberagaman guna lahan, interpretasinya perlu dilakukan dengan cermat karena nilai tersebut dapat menyembunyikan pola penyebaran spasial dari fungsi-fungsi yang dianalisis. Oleh karena itu, dalam konteks perencanaan kawasan TOD, tidak cukup hanya mengevaluasi tingkat keberagaman, tetapi juga penting untuk memahami pola distribusi spasialnya. Untuk mendukung analisis ini, metode kuantitatif seperti Shannon Entropy digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi tingkat ketercampuran fungsi lahan secara sistematis.

Metrik TOD ITDP [1, 9] lebih menekankan pada keberadaan dan kualitas fisik infrastruktur pejalan kaki, tanpa mempertimbangkan distribusi spasial fungsi-fungsi lahan dalam kawasan TOD. Indikator-indikator seperti lebar trotoar, kondisi permukaan, pencahayaan, dan elemen keselamatan menjadi butir

evaluasi utama dalam standar tersebut. Namun demikian, fokus yang terlalu besar pada kualitas infrastruktur pejalan kaki cenderung mengabaikan dimensi spasial lain yang juga krusial, yaitu distribusi dan konektivitas fungsi-fungsi perkotaan dengan simpul transit. Keberadaan jalur pejalan kaki yang memadai belum tentu menjamin kemudahan akses terhadap berbagai aktivitas harian apabila fungsi-fungsi lahan seperti hunian, ritel, perkantoran, dan fasilitas umum terdistribusi secara tidak merata atau berjarak terlalu jauh dari simpul transit.

Untuk mengisi kekosongan tersebut, penelitian ini mengkaji keterkaitan antara konektivitas yang berupa jarak dan waktu tempuh berjalan kaki dari simpul transit menuju berbagai fungsi lahan dalam radius 800 meter dari lima simpul transit di kawasan TOD Dukuh Atas, Jakarta. Kajian ini juga menghitung tingkat keberagaman tata guna lahan dalam bentuk Shannon Entropy. Data yang digunakan untuk menghitung konektivitas dan entropi diperoleh dengan pemanfaatan Google Maps sebagai sumber data dan sekaligus alat ukur yang praktis, berbasis rute aktual, serta mudah direplikasi. Pendekatan ini mengintegrasikan evaluasi spasial terhadap rute pejalan kaki dan distribusi fungsi lahan sebagai dasar untuk menilai kualitas *walk-ability* dari sudut keterjangkauan spasial, suatu aspek yang belum banyak dieksplorasi dalam studi-studi TOD di Indonesia.

Hingga saat ini, kajian *walkability* dalam konteks kawasan TOD Indonesia sebagian besar masih terbatas pada evaluasi fisik infrastruktur [10] atau persepsi subjektif pengguna terhadap kenyamanan dan keselamatan jalur pejalan kaki. Belum banyak penelitian yang secara sistematis menggabungkan analisis spasial berbasis data aktual dengan pendekatan kuantitatif seperti jarak jalan kaki ke simpul transit dan indeks entropi untuk mengevaluasi konektivitas dan keberagaman fungsi lahan. Oleh karena itu, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan dapat memperluas cakrawala analisis *walkability* yang lebih kontekstual, integratif, dan berorientasi pada pengguna dalam kerangka pengembangan kawasan TOD.

Sebagai respons terhadap kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterkaitan antara jarak jalan kaki dari titik simpul transit ke berbagai fungsi lahan (konektivitas) dalam kawasan TOD Dukuh Atas dengan tingkat keberagaman (entropi) tata guna lahannya [11, 12].

Keterkaitan antara konektivitas pejalan kaki ke simpul transit dari berbagai titik fungsi dengan entropi tata

guna lahan dalam kawasan TOD telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti di luar maupun dalam negeri [13–19]. Walaupun demikian, dalam pengetahuan penulis, studi yang serupa belum dilakukan untuk kasus Kawasan TOD Dukuh Atas. Kawasan TOD tersebut dapat dikatakan relatif kompleks karena terdiri atas lima simpul transit dan berlokasi di pusat Jakarta.

Dari penjelasan di atas, dapat ditentukan bahwa tujuan penelitian ini adalah untuk memahami konektivitas dan keberagaman, serta bagaimana kaitan antara kedua aspek tersebut dalam membentuk karakteristik sebuah simpul transit di kawasan TOD seperti Dukuh Atas, Jakarta.

Metode

TOD adalah kawasan kota yang ada dalam radius 800 meter dari simpul transit [1], atau setara dengan waktu tempuh jalan kaki sekitar 10 menit. Di Dukuh Atas terdapat lima simpul transit, yaitu simpul transit KRL Sudirman, BNI City, MRT Dukuh Atas, LRT Dukuh Atas, dan Halte BRT TransJakarta Bundaran Hotel Indonesia (HI). Walaupun tidak secara resmi dianggap sebagai simpul transit sebuah TOD, pada radius 500 meter dari Halte BRT TransJakarta Bundaran HI terdapat banyak aktivitas dan titik fungsi sehingga sesuai dengan TOD Standard 3.0 ITDP [9] halte tersebut dapat dianggap sebagai simpul transit sebuah TOD.

Dengan menggunakan fitur-fitur Google Maps, dapat diketahui jarak jalan kaki dari berbagai fungsi yang ada di sebuah kawasan ke sebuah simpul transit. Dari tiap fungsi penggunaan lahan, bisa dihitung jarak dan waktu jalan kaki ke masing-masing simpul transit di atas. Di kawasan Dukuh Atas terdapat 10 jenis fungsi penggunaan lahan yang masing-masing mewakili jenis peruntukan lahan yang resmi berlaku di Jakarta [20].

Untuk mengukur konektivitas yang berupa rata-rata jarak jalan kaki dari sebuah simpul transit dan entropi tata guna lahan pada kawasan TOD dari Google Maps. Langkah pertama yang dilakukan adalah mencari (*search*) lokasi simpul transit yang ada di kawasan TOD Dukuh Atas. Hasil pencarian menunjukkan bahwa pusat kawasan tersebut berimpit atau secara geografis bertepatan dengan lokasi simpul transit tersebut (Gambar 1). Kemudian simpul transit tersebut dijadikan sebagai titik pusat peta untuk menentukan area studi dalam penelitian ini. Selanjutnya, untuk mengukur jarak tempuh berjalan kaki dari masing-masing simpul transit menuju titik kegiatan dengan jenis fungsi guna lahan tertentu, peta dipusatkan terlebih dahulu pada titik koordinat simpul

transit tersebut. Titik ini kemudian menjadi acuan utama dalam mengukur jarak jalan dari berbagai fungsi guna lahan ke simpul transit hasil *search* tersebut.



Gambar 1. Peta kawasan Dukuh Atas dengan lima simpul transit setelah skala peta disesuaikan sehingga satu garis sama dengan 1000 feet (500 meter).

Kedua, sesuaikan dengan skala garis menjadi satu garis sama dengan 1000 feet atau 500 meter (Gambar 1). Dalam posisi tersebut lakukan *search* untuk suatu penggunaan lahan tertentu, misalnya “hotel” (Gambar 2). Pada peta akan muncul semua hotel yang ada dalam lingkup peta tersebut. Catat semua nama hotel yang ada dalam peta tersebut.



Gambar 2. Peta kawasan Dukuh Atas dengan tampilan fungsi hotel

Ketiga, pada Google Maps *search*, isikan nama masing-masing hotel yang telah dicatat, dan selanjutnya klik perintah “*Direction*”. Pada bagian atas peta isikan nama simpul transit hasil *search* yang hendak diukur

jarak jalan kakinya ke hotel tersebut. Pada peta akan muncul garis penghubung antara simpul transit dengan hotel tersebut. Klik *icon* pejalan kaki agar yang muncul adalah waktu dan jarak jalan kaki (Gambar 3).



Gambar 3. Contoh peta kawasan Dukuh Atas dengan rute, waktu, dan panjang jalan kaki dari Hotel Odua Thamrin ke simpul transit KRL Sudirman

Rata-rata jarak jalan kaki dapat dianggap sebagai indikator konektivitas antara simpul transit dengan titik-titik fungsi dalam kawasan TOD. Makin besar rata-rata jarak jalan kaki tersebut maka makin kecil konektivitas.

Selanjutnya, Shannon Entropy (SE) bisa digunakan sebagai entropi tata guna lahan. Persamaan 1 adalah rumus SE [6].

$$SE = - \sum_{i=1}^N P_i \ln (P_i) / \ln (N) \quad (1)$$

P_i adalah probabilitas kemunculan fungsi jenis guna lahan ke i , N = jumlah jenis guna lahan yang ada dalam kawasan TOD. P_i adalah jumlah fungsi guna lahan i di bagi dengan jumlah seluruh titik fungsi yang ada di Kawasan TOD. Nilai SE berada dalam rentang 0 hingga 1. Dalam persamaan (1), P_i dihitung dengan membagi jumlah entitas atau titik aktivitas dari masing-masing kategori fungsi lahan dengan total seluruh entitas dalam kawasan tersebut dengan bobot yang sama.

Nilai SE yang tinggi menunjukkan bahwa kawasan memiliki banyak jenis fungsi lahan dengan distribusi yang relatif merata, yang mendukung tersedianya berbagai aktivitas dalam jarak yang dapat ditempuh dengan berjalan kaki. Sebaliknya, nilai SE yang rendah menunjukkan dominasi fungsi tertentu dan kurangnya variasi tujuan, yang dapat mengurangi kualitas pengalaman berjalan kaki.

Integrasi antara konektivitas ke simpul transit dengan keberagaman atau entropi tata guna lahan pada suatu kawasan TOD dapat dianalisis dengan menggunakan *Node-Place Model* dari Bertolini [11, 12]. Metode tersebut menggunakan sejenis *scatter plot* dua sumbu. Sumbu pertama (sumbu X) memperlihatkan tingkat konektivitas (jarak pejalan kaki) simpul transit ke titik-titik fungsi di dalam kawasan TOD. Sumbu kedua (sumbu Y) adalah keberagaman (entropi) tata guna lahan dalam kawasan TOD. Nilai kedua sumbu adalah normalisasi nilai konektivitas dan entropi tata guna lahan yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X_n = (X - \text{Min}X) / (\text{Max}X - \text{Min}X) \quad (2)$$

$$Y_n = (Y - \text{Min}Y) / (\text{Max}Y - \text{Min}Y) \quad (3)$$

X = konektivitas
 X_n = X yang telah dinormalisir
 $\text{Max}X$ = nilai X terbesar
 $\text{Min}X$ = nilai X terkecil
Y = entropi tata guna lahan
 Y_n = Y yang telah dinormalisir
 $\text{Max}Y$ = nilai Y terbesar
 $\text{Min}Y$ = nilai Y terkecil

Selanjutnya pada *scatter plot* X (konektivitas) dan Y (entropi) dapat dilihat adanya zona-zona, sebagai berikut [15, 16]:

1. Pojok kanan atas *scatter plot* adalah daerah bagi simpul-simpul transit dengan nilai konektivitas dan entropi tinggi (*Stress*).
2. Pojok kiri bawah adalah tempat bagi simpul-simpul transit dengan konektivitas dan entropi yang rendah (*Dependence*).
3. Pojok kiri atas ialah lokasi bagi simpul-simpul transit dengan konektivitas rendah dan entropi tinggi yang disebut sebagai *Unbalanced Node*.
4. Pojok kanan bawah adalah daerah bagi simpul-simpul transit yang memiliki konektivitas tinggi tapi entropi rendah yang disebut sebagai *Unbalanced Place*.

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 memperlihatkan kategori peruntukan lahan dan jumlah titik fungsi yang tercatat dari kawasan TOD Dukuh Atas. Pengukuran jarak jalan kaki dari berbagai titik fungsi tersebut ke masing-masing lima simpul transit di TOD Dukuh Atas dapat diperoleh konektivitas dari masing-masing simpul transit tersebut. Tabel 2 memperlihatkan hasil pengukuran konektivitas dan keberagaman (entropi) tata guna lahan di sekitar ke lima simpul transit di TOD Dukuh Atas.

Model *Node-Place* dari Bertolini memperlihatkan kategori masing-masing keseimbangan antara konektivitas dan entropi yang dihitung dari masing-masing simpul transit dalam paper ini.

Tabel 1. Kategori peruntukan lahan dan jumlah titik fungsi

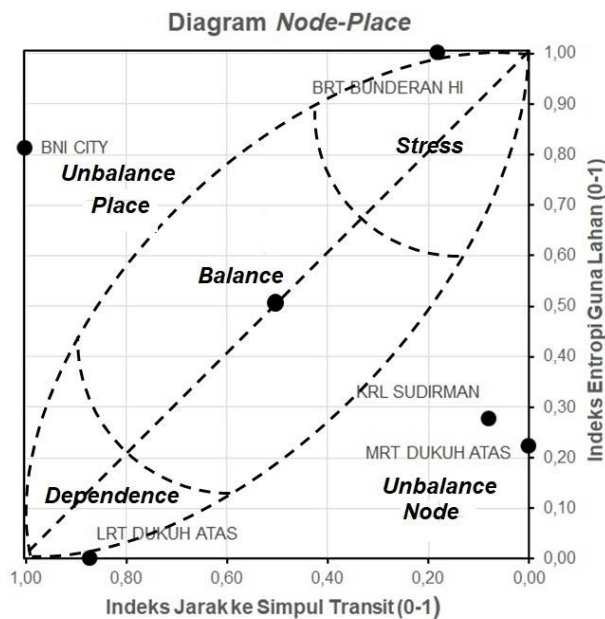
No.	Jenis Peruntukan Lahan/Fungsi	Kategori	Jumlah Titik Fungsi
1	Ruang Terbuka Hijau	Taman	19
2	Hunian	Rumah Susun, Apartemen, Indekos	24
3	Peribadatan	Masjid, Gereja	29
4	Rekreasi (Hiburan)	Gallery, Museum, Teater, Monumen	24
5	Perkantoran	Kantor Swasta dan Pemerintahan	20
6	Retail dan Komersial	Mall, Supermarket, Fitness Center	27
7	Pendidikan	Sekolah	13
8	Kesehatan	Rumah Sakit	9
9	Parkir	Halte, Parkiran	23
10	Penginapan	Hotel	29

Tabel 2. Rata-rata waktu dan jarak jalan kaki, dan SE di lima simpul transit di Dukuh Atas

Simpul Transit	Rata-Rata Waktu Jalan (menit)	Rata-Rata Jarak Jalan Kaki (meter)	Entropi Tata Guna Lahan (SE)
KRL Sudirman	6,58	490,75	0,839
BNI City	11,75	650,00	0,928
MRT Dukuh Atas	8,82	503,16	0,847
LRT Dukuh Atas	10,77	629,55	0,805
BRT TRANSJAKARTA Bunderan HI	8,68	519,51	0,957
SENTROID Dukuh Atas	5,94	443,53	0,840

Gambar 4 memperlihatkan posisi kelima simpul transit dalam ruang konektivitas-entropi. Pada Gambar 4 terlihat bahwa kawasan kelima simpul transit dapat dibedakan menjadi:

1. BRT TransJakarta Bunderan HI berada dalam daerah *Stress*.
2. LRT Dukuh Atas dalam daerah *Dependence*.
3. BNI City dalam daerah *Unbalanced-node*.
4. KRL Sudirman dan MRT Dukuh Atas dalam daerah *Unbalanced-place*.



Gambar 4. Posisi kelima simpul transit di Dukuh Atas dalam scatter plot Node-Place model dari Bertolini

Jarak jalan kaki yang optimum ditentukan oleh fungsi-fungsi yang ada di dalam radius 800 meter dari sebuah simpul transit dalam Kawasan TOD [9]. Radius tersebut juga tergantung pada tujuan dan kondisi pejalan kaki. Sebagai contoh, jarak jalan kaki optimum lansia tentu saja berbeda dengan orang yang lebih muda [20], kelompok lansia cenderung memiliki radius jalan kaki yang lebih pendek dibandingkan kelompok usia produktif, karena keterbatasan mobilitas dan kebutuhan aksesibilitas mereka yang lebih tinggi [20].

Tujuan berjalan kaki juga bisa membedakan jarak jalan optimum. Sebagai contoh, jarak jalan kaki orang yang berjalan dengan tujuan mencapai tempat kerja lebih pendek daripada bila tujuan berjalan kaki adalah *leisure* [21]. Penelitian oleh Guzman et al. [22] mengungkapkan bahwa individu yang berjalan kaki untuk tujuan kerja cenderung memilih rute yang lebih pendek dibandingkan dengan mereka yang berjalan untuk rekreasi atau kegiatan santai.

Berjalan kaki dapat diukur dari jarak dan waktu tempuh. Oleh karena itu, ada peneliti yang menjelaskan jalan kaki optimum dengan waktu tempuh. Sebagai contoh, ada konsep bahwa berjalan kaki dari suatu titik fungsi dari/ke simpul transit yang optimum adalah 15 menit. Waktu jalan kaki 15 menit dianggap baik, dan dijadikan dasar bagi konsep *15-minute city* [5, 20, 23]. Apabila kecepatan jalan yang normal dianggap 4 kilometer/jam, maka *15-minute city* berarti mempunyai radius 800 meter dari simpul transit seperti yang didefinisikan sebagai TOD oleh ITDP [1].

Oleh beberapa peneliti rata-rata jarak jalan kaki dianggap menjelaskan tingkat konektivitas antar fungsi [24]. Bila dalam sebuah kawasan sebuah fungsi bisa dicapai dari simpul transit dalam waktu 15 menit [5, 22, 25], belum tentu itu menunjukkan bahwa fungsi-fungsi tersebut secara spasial menyebar rata di dalam kawasan tersebut. Sebagai contoh, bila kawasan tersebut hanya terdapat fungsi hunian yang berkelompok di pojok tertentu dari kawasan, maka berarti fungsi-fungsi lain seperti perkantoran dapat dipastikan berada di luar kawasan 800 meter dari Simpul Transit.

Oleh karena itu, berbagai peneliti telah menggunakan *land use entropy* untuk mengukur tingkat keragaman peruntukan lahan dalam sebuah kawasan seperti TOD [6–8]. Dengan demikian dalam mempelajari sebuah kawasan TOD perlu juga memperhatikan tingkat *mix-use* dari kawasan tersebut. Indikator yang sering dipakai untuk mempelajari tingkat *mix-use* kawasan adalah entropi tata guna lahan [6–8].

Dari analisa dari data yang berhasil dikumpulkan dapat diketahui bahwa waktu dan panjang atau jarak jalan kaki rata-rata dari kelima simpul transit yang ada di Dukuh Atas dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa waktu dan jarak jalan kaki rata-rata yang paling kecil ada di kawasan simpul transit KRL Sudirman adalah 6,58 menit dalam 490,75 meter. Rata-rata waktu dan jarak jalan yang terbesar ada di kawasan simpul transit BNI City, yaitu 11,75 menit dalam 650,00 meter. Tabel 2 juga memperlihatkan bahwa SE terbesar dimiliki kawasan simpul transit BRT TransJakarta Bunderan HI (0,957). SE terkecil (0,805) dimiliki kawasan simpul transit LRT Dukuh Atas.

Bila kelima simpul transit dianggap sebagai bagian dari sebuah TOD, dengan Terowongan Kendal sebagai pusat, diketahui bahwa konektivitas atau rata-rata waktu dan jarak jalan kaki dari terowongan tersebut ke berbagai fungsi yang berada dalam radius 800 meter dari terowongan tersebut adalah 5,94 menit, dalam jarak 443, 53 meter. Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata waktu jalan kaki menuju kelima simpul transit lebih kecil daripada 15 menit untuk jalan sejauh 800 meter [5, 22, 25].

Berdasarkan pengamatan terhadap rata-rata jarak dan waktu tempuh berjalan kaki, kawasan simpul transit KRL Sudirman memiliki nilai jarak dan waktu tempuh terkecil. Dari kedua parameter tersebut dapat dihitung bahwa kecepatan rata-rata pejalan kaki di kawasan ini adalah sebesar 74,58 meter per menit.

Kecepatan ini berada dekat batas bawah kecepatan jalan yang umum [24]. Sebagai perbandingan, kecepatan berjalan kaki rata-rata di kawasan simpul transit BNI City tercatat lebih rendah, yaitu sebesar 55,32 meter per menit. Dengan kecepatan tersebut, dalam waktu 15 menit, seseorang dapat menempuh jarak sekitar 829,75 meter.

Walaupun waktu dan jarak tempuh berjalan kaki di kawasan simpul transit BNI City lebih besar dibandingkan dengan kawasan simpul transit KRL Sudirman, kawasan TOD Dukuh Atas secara keseluruhan masih dapat dikategorikan sesuai dengan konsep *15-minute city* [5, 22, 25], dan masih sesuai dengan konsep tata kota yang mengutamakan konektivitas terhadap fasilitas sehari-hari dari sebuah simpul transit dalam jarak tempuh berjalan kaki selama 15 menit.

Lebih lanjut, kompleksitas peruntukan lahan pada kawasan-kawasan tersebut dianalisis menggunakan konsep entropi. Dalam konteks perkotaan, entropi menunjukkan informasi yang dikandung dalam sehimpunan probabilitas kemunculan fenomena tertentu [26]. Shannon Entropy (SE) suatu kawasan akan tinggi apabila jumlah jenis peruntukan lahan serta variasi probabilitas kemunculan tiap jenis tersebut juga tinggi [6–8]. Berdasarkan data yang disajikan Tabel 2, kawasan di sekitar simpul transit BRT TransJakarta Bundaran HI memiliki nilai SE tertinggi (SE = 0,957) dibandingkan empat kawasan simpul transit lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa kawasan tersebut memiliki lebih banyak jenis peruntukan lahan dengan distribusi probabilitas yang lebih merata, atau dengan kata lain, tingkat keberagaman kawasan tersebut tergolong tinggi.

Secara historis, kawasan TOD Dukuh Atas dikembangkan sebagai bagian dari perluasan kota Jakarta ke arah Kebayoran Baru pada masa Orde Lama. Pembangunan di sekitar Bundaran HI merupakan simbol keberhasilan pemerintah pada masa tersebut dalam membentuk wajah Jakarta sebagai kota internasional pasca-kemerdekaan tahun 1945. Bundaran HI dengan monumen dan air mancurnya berada di di aksis utama yang menghubungkan kota lama Jakarta dengan kota baru di Kebayoran Baru, dan dianggap sebagai simbol kemajuan bangsa. Terowongan Kendal dan sekitar kawasan Dukuh Atas berada di luar dan bagian bawah dari aksis “kemajuan nasional” yang sejak awal dibuat hanya sebagai daerah penyanggah aksis tersebut [27]. Dengan demikian, kawasan Bundaran HI yang sejak awal direncanakan sebagai salah satu pusat kota baru, tentu mempunyai lebih banyak jenis guna lahan

daripada kawasan Dukuh Atas atau Terowongan Kendal yang sejak awal terbentuknya dirancang sebagai kawasan pendukung.

Sejarah perencanaan yang berbeda antara kawasan Bundaran HI dan Terowongan Kendal menjelaskan perbedaan karakteristik spasial di antara keduanya. Kawasan Bundaran HI mempunyai peruntukan lahan yang lebih banyak jenis dan variasi kemunculan jenis peruntukan lahan dari pada kawasan Terowongan Kendal. Perbedaan ini tercermin dalam rata-rata waktu dan jarak berjalan kaki, yang lebih besar di kawasan simpul transit BRT TransJakarta Bundaran HI dibandingkan Kawasan Terowongan Kendal. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh skala fisik kedua kawasan yang berbeda. Kawasan Bundaran HI dirancang dengan skala heroik (air mancur, lebar jalan, dan ukuran persil besar). Sebaliknya, kawasan Dukuh Atas-Terowongan Kendal sebagai pendukung aksis “kemajuan”, mempunyai skala yang lebih manusiawi [28].

Faktor lain yang turut berkontribusi terhadap rendahnya rata-rata waktu dan jarak jalan kaki di kawasan Dukuh Atas adalah keberadaan Terowongan Kendal, yang berfungsi sebagai jalur pejalan kaki bawah tanah yang menghubungkan beberapa simpul transit utama secara langsung. Keberadaan terowongan ini memungkinkan pejalan kaki untuk berpindah dari simpul transit BNI City dan simpul transit MRT Dukuh Atas menuju simpul transit KRL Sudirman tanpa harus menyeberangi Jalan Jenderal Sudirman yang lebar dan padat, sehingga rute menjadi lebih singkat dan efisien. Dalam konteks ini, kawasan Dukuh Atas secara umum masih memenuhi prinsip *15-minute city*, yakni akses terhadap berbagai fungsi perkotaan dalam waktu berjalan kaki sekitar 15 menit atau dalam radius 800 meter.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata berjalan kaki di kawasan TOD Dukuh Atas adalah sebesar 63,32 meter per menit. Nilai ini berada di bawah standar kecepatan jalan kaki normal yang umum digunakan dalam studi perencanaan kota, yaitu antara 75 hingga 85 meter per menit [26]. Meskipun demikian, dalam konteks ini kawasan Dukuh Atas secara umum masih memenuhi prinsip *15-minute city*, yakni akses terhadap berbagai fungsi perkotaan dalam waktu berjalan kaki sekitar 15 menit atau dalam radius 800 meter. Hal ini mengindikasikan bahwa secara spasial, keterjangkauan antar fungsi dan simpul transit masih relatif efisien dan mendukung mobilitas aktif.

Menurut model *Node-Place*, kawasan di sekitar simpul transit BRT TransJakarta Bundaran HI tergolong sebagai kawasan Stress (Gambar 4) yang tidak bisa

dengan mudah dikembangkan lebih jauh. Kalaupun hendak dikembangkan lagi kawasan simpul transit BRT TransJakarta Bundaran HI, akan terjadi konflik antara konektivitas dengan keberagaman tata guna kawasan [16, 18].

Menurut model *Node-Place* Bertolini pada Gambar 4, simpul transit seperti LRT Dukuh Atas digolongkan sebagai kawasan *Dependence*, sehingga pengembangannya masih memerlukan usaha eksternal yang besar sehingga sangat tergantung pada dukungan pemerintah [16].

Simpul transit BNI City dalam *scatter plot* model *Node-Place* Bertolini berada pada sisi kiri atas. Posisi tersebut menyebabkan simpul transit BNI City dikategorikan sebagai *Unbalanced Place*. Hal ini menunjukkan bahwa simpul transit tersebut belum bisa sepenuhnya melayani kebutuhan berbagai fungsi yang ada dalam kawasannya [16].

Simpul transit KRL Sudirman dan MRT Dukuh Atas bisa dikategorikan sebagai *Unbalanced Node* (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan simpul transit yang lebih tinggi dari pada pengembangan tata guna lahan pada kawasan tersebut [16].

Di bagian tengah *scatter plot* pada Gambar 4, adalah daerah bagi perkembangan simpul transit yang seimbang. Untuk kelima simpul transit di TOD Dukuh Atas tidak ada yang bisa dianggap seimbang antara konektivitas dengan keberagaman atau entropinya.

Keterbatasan dalam penelitian ini terletak pada sumber data yang hanya diperoleh dari Google Maps. Analisis yang dilakukan hanya mencakup parameter jarak tempuh berjalan kaki dan nilai Shannon Entropy (SE).

Oleh karena itu, studi ini perlu dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan kualitas lingkungan aktual. Sebagai contoh, keberadaan sistem pedestrian dan keterlindungan pejalan kaki dari iklim [1] saat berjalan dari satu tempat ke tempat lain di kawasan TOD Dukuh Atas perlu lebih diperhatikan. Penggunaan data observasi lapangan seperti *pedestrian count*, audit trotoar, dan penilaian kenyamanan rute dapat memperkaya analisis, dengan merujuk pada indikator *walkability* dalam ITDP TOD Standard, termasuk lebar trotoar, penyeberangan aman, pencahayaan, orientasi fasad aktif, dan fasilitas penunjang. Selain itu, aspek kenyamanan mikroklimatik seperti kanopi pohon dan indeks kenyamanan termal (misalnya UTCI atau PET) juga perlu dipertimbangkan.

Untuk validasi spasial, penggunaan data GIS dapat meningkatkan akurasi analisis distribusi fungsi lahan dan jarak tempuh berbasis jaringan pejalan kaki. Ke depan, integrasi data *real-time* seperti pelacakan GPS ponsel dapat digunakan untuk memahami pola mobilitas aktual, sehingga analisis *walkability* dalam konteks TOD menjadi lebih kontekstual, dinamis, dan berorientasi pengguna.

Kesimpulan

Kawasan TOD Dukuh Atas, dengan pusat aktivitasnya di sekitar Terowongan Kendal, memiliki karakteristik spasial yang unik dibandingkan dengan kawasan-kawasan TOD lainnya di Jakarta. Keunikan ini terletak pada keberadaan lima simpul transit yang saling berdekatan dalam satu kawasan, yakni simpul transit KRL Sudirman, BNI City, MRT Dukuh Atas, LRT Dukuh Atas, dan BRT TransJakarta Bundaran Hotel Indonesia. Kedekatan ini membentuk jaringan multimoda yang menjadikan Terowongan Kendal sebagai titik gravitasi pergerakan pejalan kaki.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan sekitar Terowongan Kendal konektivitas berjalan kaki yang relatif tinggi dibandingkan dengan kawasan simpul transit BRT TransJakarta Bundaran HI. Hal ini mengindikasikan tingkat konektivitas pejalan kaki yang tinggi.

Kawasan sekitar simpul transit BRT TransJakarta Bundaran HI memiliki nilai Shannon Entropy (SE) yang lebih besar daripada simpul transit lainnya. Tingginya nilai SE ini menunjukkan bahwa tata guna lahan di kawasan TOD Bundaran HI lebih beragam.

Dengan menggunakan model *Node-Place* dari Bertolini, bisa disimpulkan bahwa kawasan sekitar simpul transit Trans Jakarta Bundaran HI dianggap kawasan yang berada dalam kondisi *Stress* karena pengembangan konektivitas simpul transit bisa konflik dengan tata guna lahan kawasan tersebut.

Simpul transit BNI City dapat dikategorikan sebagai kawasan *Unbalanced place*. Hal ini berarti tingkat layanan simpul transit tersebut masih perlu dikembangkan agar dapat sepenuhnya melayani berbagai fungsi di kawasan tersebut.

Simpul transit KRL Sudirman dan MRT Dukuh Atas menurut model *Node-Place* dari Bertolini dapat dikategorikan sebagai *Unbalanced node* yang berarti kedua kawasan tersebut memiliki konektivitas yang relatif tinggi, tapi entropi tata guna lahan yang relatif rendah. Pengembangan entropi tata guna lahan melalui peningkatan pembangunan pada lahan pada

kedua simpul tersebut yang terbatas dan akan meningkatkan konektivitas ke kedua simpul transit tersebut lebih lanjut.

Simpul transit LRT Dukuh Atas memiliki konektivitas dan entropi tata guna lahan yang lebih rendah. Pengembangan kawasan simpul transit seperti LRT Dukuh Atas masih tergantung (*Dependence*) pada bantuan dari sumber eksternal lain seperti pemerintah.

Perlu dicatat bahwa penelitian ini masih menggunakan data dari Google Maps, sehingga mungkin belum secara menyeluruh mencerminkan kondisi aktual di lapangan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dianjurkan untuk menggunakan parameter evaluasi yang lebih komprehensif guna memperoleh pemahaman yang lebih akurat mengenai kualitas konektivitas dan keberagaman fungsi dalam kawasan TOD. Selain itu, evaluasi berdasarkan standar atau metrik indikator yang ada dalam TOD Standard 3.0 ITDP sangat dianjurkan guna mendapatkan pemahaman yang lebih menyeluruh terkait keberfungsian kawasan sebagai kawasan TOD.

Daftar Pustaka

- [1] Institute for Transportation and Development Policy, "What is TOD," Online. Available: <https://itdp.org/library/standards-and-guides/tod3-0/what-is-tod/>, accessed 2024.
- [2] A. N. Maudina, I. W. Agustin, and B. S. Waluyo, "Karakteristik Kawasan Dukuh Atas Sebagai Kawasan TOD," *Tata Kota dan Drh.*, vol. 13, no. 2, pp. 59–72, 2021, doi: 10.21776/ub.takoda.2021.013.02.2.
- [3] M. Ridhoni and M. Y. Ridhani, "Evaluasi Keberlanjutan Terminal Berbasis Transit Oriented Development (TOD), Studi Kasus di Terminal Pal Enam Kota Banjarmasin," *Indones. Green Technol. J.*, vol. 7, no. 1, pp. 6–13, 2018, doi: 10.21776/ub.igtj.2018.007.01.02.
- [4] Q. Lamour, A. M. Morelli, and K. R. d. C. Marins, "Improving walkability in a TOD context: Spatial strategies that enhance walking in the Belém neighbourhood, in São Paulo, Brazil," *Case Stud. Transp. Policy*, vol. 7, no. 2, pp. 280–292, 2019, doi: 10.1016/j.cstp.2019.03.005.
- [5] G. Megahed, A. Elshater, S. Affi, and M. A. Elrefaie, "Reconceptualizing Proximity Measurement Approaches through the Urban Discourse on the X-Minute City," *Sustain.*, vol. 16, no. 3, p. 1303, 2024, doi: 10.3390/su16031303.
- [6] K. Manaugh and T. Kreider, "What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix," *J. Transp. Land Use*, vol. 6, no. 1, pp. 63–72, 2013, doi: 10.5198/jtlu.v6i1.291.
- [7] R. Bordoloi, A. Mote, P. P. Sarkar, and C. Mallikarjuna, "Quantification of Land Use Diversity in The Context of Mixed Land Use," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 104, pp. 563–572, 2013, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.11.150.
- [8] H. N. Im and C. G. Choi, "The hidden side of the entropy-based land-use mix index: Clarifying the relationship between pedestrian volume and land-use mix," *Urban Stud.*, vol. 56, no. 9, pp. 1865–1881, 2019, doi: 10.1177/0042098018763319.
- [9] Institute for Transportation and Development Policy, "TOD-Standard-3.0," 2017. [Online]. Available: <https://itdp.org>.
- [10] H. T. Hakim, N. Firdausiyah, and F. R. Sutikno, "Kajian Tingkat Walkability Koridor Jalan Pasar Jumat, Lebak Bulus," *J. Plan. Urban Reg. Environ.*, vol. 12, no. 2, pp. 99–106, Apr. 2023.
- [11] L. Bertolini, "Station areas as nodes and places in urban networks: An analytical tool and alternative development strategies," in *Railway Development: Impacts on Urban Dynamics*, F. Bruinsma, E. Pels, H. Priemus, P. Rietveld, and B. Van Wee, Eds. Heidelberg, Germany: Physica-Verlag HD, 2008, pp. 35–57, doi: 10.1007/978-3-7908-1972-3_3.
- [12] L. Bertolini, "Spatial development patterns and public transport: The application of an analytical model in the Netherlands," *Plan. Pract. Res.*, vol. 14, no. 2, pp. 199–210, 1999, doi: 10.1080/02697459915724.
- [13] R. Rizal, "Sejarah Dukuh Atas, Dulu Perkebunan Duku Kini Pusat Perkantoran di Jakarta," *iNews*. [Online]. Available: <https://www.inews.id/news/megapolitan/sejarah-duku-atas-dulu-perkebunan-duku-kini-pusat-perkantoran-di-jakarta>. Accessed: Dec. 2022.
- [14] M. Juma and R. King, "Overcoming the Knowledge Gaps for Transit-Oriented Development: What's Lacking?," *TheCityFix*, Mar. 28, 2017. [Online]. Available: <https://thecityfix.com/blog/overcoming-the-knowledge-gaps-for-transit-oriented-development-whats-lacking-michelle-juma-robin-king/>.
- [15] Y. Yang, C. Zhong, and Q. L. Gao, "An extended node-place model for comparative studies of transit-oriented development," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 113, p. 103514, 2022, doi: 10.1016/j.trd.2022.103514.

- [16] A. Baghestani, S. Najafabadi, A. Salem, Z. Jiang, M. Tayaran, and O. Gao, "An application of the node-place model to explore the land use-transport development dynamics of the I-287 Corridor," *Urban Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 1-13, 2023, doi: 10.3390/urbansci7010021.
- [17] S. Suryani, I. B. Harun, and W. K. Astuti, "Re-orienting TOD concept and implementation in Jakarta," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 532, no. 1, p. 012005, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/532/1/012005.
- [18] A. Nadya and S. Nurlaela, "Pengukuran Tingkat Keseimbangan Node dan Place di Kawasan Transit Oriented Development (TOD) Terminal Joyoboyo, Surabaya," *J. Transp. Sist. Mater. dan Infrastruktur*, vol. 1, no. 2, p. 100, 2019, doi: 10.12962/j26226847.v1i2.5034.
- [19] M. Y. Alfyan and D. T. Widyastuti, "Node-Place Model Analysis on Attached Transit Oriented Development (TOD) Areas: The Case of Wates Train and Bus Station Area," *Built Environ. Stud.*, vol. 3, no. 1, pp. 8-16, 2022, doi: 10.22146/best.v3i1.1856.
- [20] WP MAS PRO, "5 tips that will ensure a professional Google Maps use," 2025. [Online]. Available: <https://www.wpmapspro.com/5-tips-pro-maps-use/>.
- [21] Y. Yang and A. V. Diez-Roux, "Walking distance by trip purpose and population subgroups," *Am. J. Prev. Med.*, vol. 43, no. 1, pp. 11-19, 2012, doi: 10.1016/j.amepre.2012.03.015.
- [22] L. A. Guzman, D. Oviedo, and V. A. Cantillo-Garcia, "Is proximity enough? A critical analysis of a 15-minute city considering individual perceptions," *Cities*, vol. 148, p. 104882, 2024, doi: 10.1016/j.cities.2024.104882.
- [23] J. Walker, "Basics: Walking Distance to Transit," *Human Transit (blog)*, Apr. 24, 2011. [Online]. Available: <https://humantransit.org/2011/04/basics-walking-distance-to-transit.html>.
- [24] C. N. Li, C. Lin, and T. K. Hsieh, "TOD district planning based on residents' perspectives," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 5, no. 4, pp. 1-18, Apr. 2016, doi: 10.3390/ijgi5040052.
- [25] Z. Wei, K. Cao, M. P. Kwan, Y. Jiang, and Q. Feng, "Measuring the age-friendliness of streets' walking environment using multi-source big data: A case study in Shanghai, China," *Cities*, vol. 148, p. 104829, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.cities.2024.104829.
- [26] F. Chiaradia, K. Lelo, S. Monni, and F. Tomassi, "The 15-Minute City: An Attempt to Measure Proximity to Urban Services in Rome," *Sustain.*, vol. 16, no. 21, p. 9432, 2024, doi: 10.3390/su16219432.
- [27] H. Li, "Basics of communications," in *Commun. Control Cyber Phys. Syst.*, 2016, pp. 9-30, doi: 10.1016/B978-0-12-801950-4.00002-0.
- [28] I. Tantri and T. Astuti, "Proyek Mercusuar: Langkah Politik atau Keegoisan Soekarno Pasca Kemerdekaan," *J. Kalacakra*, vol. 4, no. 2, pp. 89-99, 2023, doi: 10.31002/kalacakra.v4i2.6712.