

Tipologi Potensi *Transit - Oriented Development* (TOD) di Sekitar Stasiun *Light Rail Transit* (LRT) Sumatera Selatan

Siti Fatimah

Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I No.73, Kota Surabaya, Jawa Timur 60236, Indonesia

E-mail: siti_fatimah2020@poltekbangsby.ac.id

Diterima: 10 November 2020, disetujui: 27 Mei 2021, diterbitkan *online*: 30 Juni 2021

Abstrak

Light Rail Transit (LRT) Sumatera Selatan dengan 13 stasiun pemberhentian menyediakan alternatif moda transportasi umum massal di Kota Palembang. Jalur LRT sepanjang sekitar 23 kilometer membentang dari utara ke selatan yang merupakan koridor utama Kota Palembang. Stasiun sebagai titik transit perpindahan dari moda transportasi LRT ke angkutan umum lainnya dan sebaliknya, berpotensi untuk menjadi bagian dari pengembangan *Transit - Oriented Development* (TOD). Masing-masing stasiun memiliki karakteristik tertentu sesuai kondisi lingkungan terbangun di sekitarnya. Pengelompokan stasiun sebagai area yang potensial untuk pengembangan TOD menyederhanakan perencanaan dan perancangannya. Dengan menggunakan data berbasis spasial, yaitu kepadatan penduduk, persentase kawasan perkantoran, persentase kawasan komersial, rata-rata jarak berjalan kaki, dan kepadatan persimpangan, dilakukan analisis *cluster*. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat 3 *cluster* potensi TOD pada jalur LRT yaitu *cluster* dengan jarak berjalan jauh, *cluster* kawasan komersial dan/atau perkantoran, dan *cluster* area padat penduduk dan/atau persimpangan.

Kata kunci: *Light Rail Transit* (LRT), *Transit - Oriented Development* (TOD), Analisis *Cluster*, Data Berbasis Spasial.

Abstract

The Typology of the Transit - Oriented Development (TOD) Potential around the South Sumatera Light Rail Transit (LRT): The South Sumatera Light Rail Transit (LRT) that has 13 stops provides an alternative mass public transport mode in Palembang City. The LRT track is around 23 kilometers, run from north to south of Palembang City which is the main corridor. As a transit point from the LRT to other public transport and vice versa, stations potentially be a part of the TOD development area. Each station has certain characteristics according to the built environment around it. Grouping stations as potential areas for TOD development simplifies planning and design. Using spatial base data including population density, percentage of office area, percentage of the commercial area, average walking distance, and intersection density as variables, cluster analysis was conducted. The results of the analysis showed that there were 3 TOD clusters in the LRT pathway including the cluster with long walking distance, cluster in the commercial and/or office area, and cluster in the dense population and/or intersections.

Keywords: *Light Rail Transit* (LRT), *Transit - Oriented Development* (TOD), *Cluster Analysis*, *Spatial Base Data*.

1. Pendahuluan

Light Rail Transit (LRT) Sumatera Selatan diluncurkan pertama kali pada penyelenggaraan *Asian Games* 2018 yang juga dipusatkan di Kota Palembang selain di DKI Jakarta. Dalam [1] dinyatakan bahwa yang melatarbelakangi pembangunan LRT, selain untuk menunjang penyelenggaraan *Asian Games*, adalah kondisi kemacetan yang terjadi pada beberapa titik di Kota Palembang dan dikhawatirkan akan semakin luas.

Pembangunan infrastruktur LRT Sumatera Selatan memerlukan biaya yang sangat besar sehingga digunakan bentuk Kerjasama Pemerintah Badan Usaha (KPBU). Sebagaimana dalam [1], skema kerjasama yang digunakan untuk pembiayaan infrastruktur adalah *Build - operate - transfer* (BOT).

LRT Sumatera Selatan menghubungkan Bandara Sultan Mahmud Badarudin II dengan Jakabaring

dengan jarak sejauh 21,7 km. Terdapat 13 stasiun yaitu Stasiun Bandara, Depan Komplek PDK, Simpang Kilometer 9 - Dolog, Kolonel Burlian - Telkom, Kolonel Burlian - Pasar Kilometer 5, Simpang Polda, Simpang Angkatan 45, Palembang Square, Pasar Cinde, Jembatan Ampera, Gubernur Bastari - Polresta, Jakabaring - Hypermart, OPI Mall sebagaimana dalam [2].

Dalam rekomendasi [2], disampaikan bahwa LRT Sumatera Selatan hanya layak pembangunannya jika didukung dengan penguatan integrasi antarmoda dan pengembangan *Transit - Oriented Development* (TOD) di sekitarnya. Penguatan dilakukan dengan pengintegrasian stasiun LRT dengan angkutan *feeder* dan penyediaan fasilitas *park and ride*. Sedangkan pengembangan TOD perlu dilengkapi dengan fasilitas untuk pejalan kaki dan pesepeda. Keduanya ditujukan agar pelaku perjalanan memilih untuk menggunakan LRT.

doi: <http://dx.doi.org/10.25104/warlit.v32i2.1778>

0852-1824/ 2580-1082 ©2021 Sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan Perhubungan.

Artikel ini *open access* dibawah lisensi CC BY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Nomor akreditasi: (RISTEKDIKTI) 10/E/KPT/2019 (Sinta 2).

Konsep TOD diperkenalkan oleh Peter Calthorpe di awal 1993 [3][4], suatu konsep perencanaan yang berbeda dari yang konvensional yaitu *sprawl*. Bowyer dalam tesisnya [5] merujuk definisi konseptual *sprawl* dari Galster (2001), yaitu pola penggunaan lahan di area perkotaan yang menunjukkan tingkatan yang rendah dalam delapan dimensi yang berbeda, yaitu *density, continuity, concentration, clustering, centrality, nuclearity, mixed uses, dan proximity*. *Sprawl* umumnya dikonseptualisasikan sebagai konsekuensi dari kurangnya koordinasi, tidak mencukupi, atau perencanaan yang tidak terwujud [4][6][7][8]. Konsep *sprawl* adalah hasil dari meningkatnya pemilik rumah yang kaya dan investor komersial yang menjalankan pemilihan lokasi dalam pasar bebas didukung dengan ketersediaan kualitas infrastruktur transportasi yang baik dan penggunaan kendaraan pribadi yang relatif murah [4][9].

Berbeda dengan Calthorpe yang menggunakan konsep TOD untuk pengembangan perencanaan komunitas, [3][11] mendefinisikan TOD sebagai penggunaan lahan campuran dan padat yang ditata di sekitar stasiun transit, yang bersama dengan ruang publik sekitar menjadi pusat lingkungan. Stasiun transit menjadi *hub* transportasi yang menghubungkan lingkungan sekitarnya dengan wilayah lainnya, dengan aktivitas pada ruang publik sebagai bagian penting dan menjadi tempat bertemu. [3][12] berpendapat bahwa TOD mewakili lingkungan dengan tujuan bermacam-macam yang mendorong orang untuk tinggal di sekitar layanan transit guna mengurangi ketergantungan pada penggunaan kendaraan pribadi. Penekanan dari TOD adalah pada pengembangan tata guna lahan campuran, kedekatan pada layanan transit dan pengembangan transit [3][13].

Penelitian TOD terpusat pada tingkat makro dan *meso* [3]. Pada tingkat makro, peneliti memandang TOD sebagai konsep pengembangan kota dan tata letak strukturnya di sekitar koridor transportasi. Umumnya konsep ini mengarah pada anjuran pengembangan struktur ruang kota yang sehat dan berkelanjutan melalui sinergi antara perencanaan transportasi dengan penggunaan lahan. Salah satunya adalah integrasi perencanaan tiga elemen spasial TOD skala regional Perth, Australia, yaitu koridor transportasi, koridor aktivitas, dan pusat aktivitas [3][14]. Peneliti menganalisis pengalaman dalam menyinergikan transit publik dan pengembangan lahan dan bagaimana membentuk kembali lanskap kota melalui pengembangan transit dengan memasukkan tantangan yang mungkin dalam proses penanggulangannya [3][15]. Tingkat *meso* mengarah pada pengembangan pelayanan transit publik [3], gambaran umum dari pola pengembangan lahan, dan pembangunan di sekitar stasiun transit termasuk lingkungan yang terbangun.

Dua tipe TOD yang menjadi rekomendasi dalam pengembangan penggunaan lahan campuran yaitu *Urban TOD* dan *Neighborhood TOD*. *Urban TOD* berfokus pada pengembangan yang lebih luas untuk kawasan komersial dan perkantoran, sedangkan *Neighborhood TOD* menekankan pada proporsi yang lebih tinggi dari pengembangan kawasan perumahan yang didasarkan pada kawasan komersial yang memerlukan [3][10].

TOD adalah gagasan pembangunan wilayah kota yang menyediakan akses maksimal bagi pengguna angkutan umum khususnya kereta dan bis [16][17][18]. Tujuan dari TOD adalah untuk menciptakan kenyamanan, ramah lingkungan dilengkapi dengan fasilitas ruang parkir, taman, perkantoran, dan lainnya. Untuk itu, diperlukan campuran antara kawasan permukiman dan komersial yang padat dan juga fasilitasi keduanya menjadi dasar pengembangan berbasis angkutan umum [16][19].

Tidak hanya bagian dari perencanaan wilayah [20] berpendapat bahwa TOD adalah bagian dari transportasi publik. Dampak positif dari TOD terhadap kota antara lain menciptakan lingkungan yang sehat melalui menurunnya tingkat polusi [16][21]. Selain itu, TOD juga berpengaruh pada efisiensi ekonomi kota karena peningkatan biaya transportasi yang tinggi dapat dicegah dan mempercepat waktu perjalanan [16][22]. Dampak positif lainnya yakni adanya penciptaan efisiensi sistem transportasi kota disebabkan karena banyak pengguna angkutan pribadi yang beralih ke angkutan umum dan mengurangi kemacetan [16][23]. Sedangkan dampak positif yang ditimbulkan terhadap penggunaan lahan adalah pengaturan area di sekitar stasiun untuk peruntukan yang padu dan campuran [16][24].

Sejumlah penelitian membuktikan bahwa lingkungan terbangun mempunyai pengaruh terhadap pilihan moda perjalanan pemukim [3][25][26]. Studi kasus di Vancouver menunjukkan bahwa pemukim yang tinggal di sekitar transit publik dan dapat dijangkau dengan berjalan kaki, menggunakan transit dua sampai tiga kali lebih sering dibandingkan dengan jarak berjalan yang kurang terjangkau, sehingga mengurangi penggunaan kendaraan pribadi sampai 58% [3][27]. TOD memfokuskan pada pepaduan pertumbuhan di sekitar pemberhentian transit, memanfaatkan investasi transit dengan mendekatkan yang potensial menggunakan transit ke fasilitas transit. Secara individu, TOD stasiun dapat meningkatkan penggunaan transit sekitar 20-40%, sedangkan pada tingkat regional, peningkatannya sampai dengan 5% [28].

Penerapan TOD bisa berbeda tergantung kondisi di sekitar stasiun transit. Menilai kondisi yang ada dan memahami perbedaan lingkungan terbangun sebelum menerapkan TOD dinilai penting untuk keberhasilan TOD. Analisis mendalam terhadap lingkungan terbangun yang ada dapat memudahkan fasilitasi TOD di masa depan [29].

Tipologi dari TOD digunakan sebagai perangkat dalam mengevaluasi sebelum memutuskan kebijakan yang terkait [3]. Pengembangan tipologi adalah suatu cara untuk mengelompokkan suatu kawasan yang memiliki suatu kumpulan karakteristik yang sama. Sedangkan manfaat dari pengembangan tipologi yang pertama adalah memudahkan dalam perencanaan, perancangan, dan pelaksanaan karena tipologi yang sama dapat berbagi strategi. Manfaat kedua adalah mengenali potensi pengembangan secara umum sehingga, ketika tipologi TOD teridentifikasi, diperoleh format yang optimal. Manfaat tipologi lainnya adalah mengurangi kompleksitas dalam pengelolaan prasarana melalui penggunaan standar. Terakhir adalah memungkinkan perbandingan dalam tipologi yang sama, mengenali patokan stasiun tipe tertentu sehingga dapat membantu menilai stasiun lain yang sama [25].

Terdapat dua pendekatan konseptualisasi dan estimasi tipologi stasiun transit yaitu normatif dan positif [3]. Pendekatan normatif berupaya untuk mengukur dan mengelompokkan kinerja area stasiun transit sesuai dengan pusat-pusat yang ada. Sedangkan pendekatan positif berusaha secara eksplisit untuk melakukan klasifikasi karakteristik tertentu dari TOD yang ada, misalnya yang berhubungan dengan pendapatan. Tulisan ini menggunakan pendekatan normatif karena bertujuan untuk mendapatkan gambaran tipologi dari potensi TOD di sekitar stasiun LRT Sumatera Selatan.

Setiap wilayah melakukan strategi pengembangan TOD yang didasarkan pada karakteristik pengembangannya masing-masing termasuk di dalamnya klasifikasi TOD, penentuan tipe TOD, dan rekomendasi kepadatan pengembangan [3]. Sehubungan dengan hal itu, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tipologi dari potensi TOD sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan TOD di sekitar LRT Sumatera Selatan.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan klasifikasi potensi TOD di sekitar stasiun LRT Sumatera Selatan. Melalui tipologi TOD ini, diperoleh gambaran keberagaman tipe TOD yang ada di sekitar stasiun LRT Sumatera Selatan. Tipologi TOD ini menyederhanakan perencanaan sehingga, dari 13 stasiun yang ada dan potensial untuk dikembangkan TOD, terdapat sejumlah kecil tipe TOD saja sesuai hasil analisis.

2. Metodologi

Untuk melakukan tipologi, digunakan variabel yang mewakili karakteristik dari kondisi lingkungan terbangun di sekitar stasiun LRT. Variabel yang digunakan untuk melakukan tipologi dikenal sebagai *3Ds* [30], yaitu *density*, *diversity*, *design*. [30] berpendapat bahwa lingkungan yang kompak dapat menghalangi penggunaan kendaraan pribadi dan mendorong perjalanan *non-motorized* dengan mendekatkan asal dan tujuan melalui penciptaan zona dengan peluang terkonsentrasi dalam jarak berjalan atau bersepeda.

Dalam perkembangannya, karakteristik tersebut dikembangkan menjadi *5Ds* [31] dengan tambahan *destination accessibility* dan *distance to transit*. *Destination accessibility* menunjuk pada kemudahan dalam mengakses tarikan perjalanan, sedangkan *distance to transit* diukur sebagai rata-rata rute tersingkat dari perumahan atau tempat kerja ke simpul transit terdekat [31][29]. *Distance to transit* menggambarkan hambatan untuk melakukan transit. Variabel-variabel ini saling berhubungan, tak terpisahkan, dan bahkan tumpang tindih. Interelasi ini menunjukkan bahwa kriteria atau variabel TOD tidak terisolasi, yang juga mengindikasikan bahwa penerapan TOD bersifat multidimensi [29].

Penelitian ini menggunakan variabel kepadatan penduduk, persentase kawasan perkantoran, persentase kawasan komersial, rata-rata jarak berjalan kaki, *mixedness of land use*, dan kepadatan persimpangan. Kepadatan penduduk, persentase kawasan perkantoran, persentase kawasan komersial, dan *mixedness of land use* mewakili variabel *density* dan *diversity*. *Destination accessibility* diwakili variabel kepadatan persimpangan. Sementara itu, *distance to transit* diwakili variabel rata-rata jarak berjalan kaki.

Sebagai salah satu variabel TOD [29] mendasarkan pada [32] dalam menentukan jarak penyanggah 800 meter sekitar stasiun transit sebagai unit analisis. Ukuran jarak penyanggah ini menyimulasikan jarak orang berjalan ke/dari stasiun selama 10 menit. Dalam penelitian ini, jarak penyanggah yang digunakan adalah 500 meter dengan merujuk pada [33], yaitu jarak berjalan maksimal daerah perkotaan.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini berbasis sistem informasi geografis. Data berbasis ruang yang digunakan dalam penelitian ini dikuantifikasi menjadi besaran yang digunakan sebagai input untuk diolah dengan SPSS. Pengolah data ini memerlukan input angka yang selanjutnya diproses.

Tabel 1. Data Variabel Tipologi TOD

Stasiun	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	Persentase Kawasan Perkantoran	Persentase Kawasan Komersial	Rata-rata Jarak berjalan kaki (m)	<i>Mixed - ness of Landuse</i>	Kepadatan persimpangan (simpang/km ²)
SMB II	590	7	0	806.67	0,19	20.38
Asrama Haji	822	1	19	692.29	0,32	63.69
Punti Kayu	1508	7	4	492.00	0,28	56.05
RSUD	824	9	2	442.00	0,40	75.16
Garuda Dempo	3112	2	7	466.55	0,14	63.69
Demang	2471	2	15	361.20	0,29	82.80
Bumi Siriwijaya	1746	21	25	426.00	0,69	70.06
Dishub	1869	23	21	442.67	0,68	63.69
Cinde	1569	1	46	397.50	0,74	58.60
Ampera	871	3%	35	407.78	0,81	63.69
Polresta	4477	5%	4	516.13	0,16	50.96
Jakabaring	185	0%	10	523.29	0,5	39.49
DJKA	119	3%	14	492.00	0,35	22.93

Sumber: [37][38]

Data kepadatan penduduk diperoleh dari data tematik kepadatan penduduk Kota Palembang. Kepadatan penduduk dihitung dalam jumlah penduduk per kilometer persegi.

Persentase kawasan perkantoran dan persentase kawasan komersial diperoleh dari data tematik tata guna lahan. Data persentase kawasan perkantoran merupakan persentase luasan perkantoran per luas keseluruhan area. Demikian juga dengan data persentase kawasan komersial. Data kepadatan penduduk dan tataguna lahan diperoleh melalui *Focus Group Discussion* (FGD) Penelitian Tipologi *Transit Oriented Development* (TOD) pada *Light Rail Transit* (LRT) Palembang, Pusat Penelitian dan Pengembangan Transportasi Antarmoda, dan kunjungan lapangan [36].

Data jarak berjalan merupakan rata-rata dari jarak terjauh dari stasiun. Sedangkan kepadatan persimpangan menunjukkan jumlah persimpangan pada radius 500 meter dari stasiun. Di samping itu, data jarak berjalan dan kepadatan persimpangan menggunakan Google Map.

2.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan aplikasi analisis statistika yaitu *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). Program yang digunakan adalah IBM SPSS Statistics 26. Dengan aplikasi ini, dilakukan analisis *cluster* nonhierarki *K-Means* untuk memperoleh tipologi TOD dari data yang diperoleh. Data input adalah karakteristik dari masing-masing

stasiun yang mewakili karakteristik dari potensi TOD di sekitar stasiun LRT.

2.3 Analisis Data

Analisis *cluster* adalah teknik multivariat yang mempunyai tujuan untuk mengelompokkan obyek/kasus berdasarkan karakteristik yang dimiliki. Dengan analisis *cluster*, klasifikasi dapat dilakukan sehingga setiap obyek yang memiliki sifat mirip (paling dekat kesamaannya) akan mengelompok ke dalam satu *cluster* (kelompok) yang sama [34]. Tujuan analisis *cluster* adalah mengelompokkan obyek berdasarkan kesamaan karakteristik obyek. Obyek akan diklasifikasikan ke dalam satu atau lebih *cluster* (kelompok) sehingga obyek yang berada dalam satu *cluster* akan mempunyai kemiripan satu dengan yang lain.

Metode *cluster* yang digunakan merupakan nonhierarki yaitu *K-Means Cluster*. Dalam metode ini, jumlah *cluster* ditentukan dari awal sebelum melakukan pengelompokan data. Dengan metode ini, pemisahan data dalam *cluster* yang telah ditentukan jumlahnya dilakukan sehingga data dengan karakteristik yang sama dikelompokkan dalam *cluster* yang sama. Sementara itu, data dengan karakteristik yang berbeda dikelompokkan dalam kelompok yang lain. Hal tersebut karena algoritma *clustering* berbasis jarak yang membagi ke dalam sejumlah *cluster* hanya berlaku untuk atribut numerik [35]. Sebelum melakukan analisis *cluster*,

dilakukan standardisasi data karena adanya perbedaan satuan dari variabel.

2.4 Formula Matematika

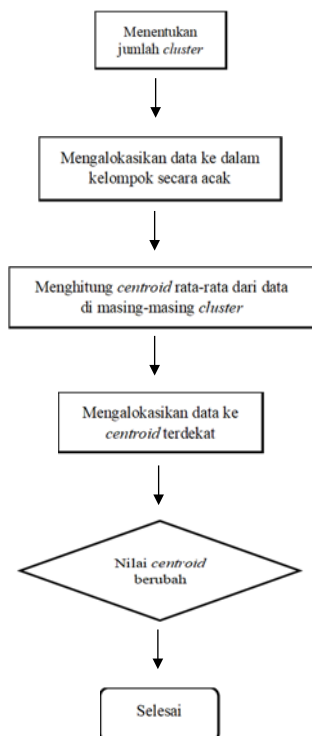
Pada metode nonhierarki, penempatan obyek-obyek ke dalam *cluster* dilakukan sekaligus sehingga terbentuk sejumlah *cluster* tertentu. Langkah pertama adalah memilih sebuah *cluster* sebagai *cluster* pusat awal, dan semua obyek dalam jarak tertentu ditempatkan pada *cluster* yang terbentuk. Kemudian, dilakukan pemilihan *cluster* selanjutnya dan penempatan dilanjutkan sampai semua obyek ditempatkan. Obyek-obyek ditempatkan lagi jika jaraknya lebih dekat pada *cluster* lain daripada asalnya. Algoritma dari *Cluster K-means* dijelaskan dalam Gambar 1.

Langkah awal dari *Cluster K-Means* adalah menentukan jumlah *cluster* yang membedakannya dengan metode *cluster* hierarki. Setelah itu, langkah selanjutnya menghitung *centroid* masing-masing *cluster* dan menempatkan ke *centroid* hasil perhitungan. Perhitungan *centroid* berhenti jika nilai *centroid* hasil perhitungan baru sama dengan yang sebelumnya.

Perhitungan nilai *centroid* rata-rata masing-masing *cluster* dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$C^i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M X_j \quad (1)$$

C : *centroid* fitur ke- i



Sumber: [35]

Gambar 1. Algoritma *Cluster K-Means*

X_j : fitur data ke- j

M : jumlah data dalam *cluster*

SPSS sebagai pengolah data yang digunakan menggunakan metode *Euclidean distance* untuk menghitung jarak ke *centroid*. Jarak data ke *centroid* dihitung menggunakan perhitungan *Euclidean distance* dalam persamaan (2).

$$D(a, b) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i - a_i)^2} \quad (2)$$

$D(a, b)$: jarak *Euclidean* antara data dan *centroid*

b_i : data

a_i : *centroid*

n : jumlah data

Terdapat dua cara pengalokasian kembali data ke dalam masing-masing *cluster* setelah proses iterasi *clustering*, yaitu metode *Hard K-Means* dan *Fuzzy K-Means*. Pada pengalokasian dengan cara *hard*, data *item* secara tegas dinyatakan sebagai anggota *cluster* tertentu dan tidak menjadi anggota *cluster* lainnya. Sedangkan pada metode *fuzzy*, masing-masing data *item* masih mungkin untuk bisa bergabung ke setiap *cluster* yang ada.

Pada metode *Hard K-Means*, pengalokasian kembali data ke dalam masing-masing *cluster* didasarkan pada perbandingan jarak antara data dengan *centroid* setiap *cluster* yang ada. Data dialokasikan ulang secara tegas ke *cluster* yang mempunyai *centroid* terdekat dengan data tersebut, yang dirumuskan dalam persamaan (3).

$$a_{ik} = \begin{cases} 1 & d = \min\{D(x_k, v_i)\} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

a_{ik} : keanggotaan data ke- k ke *cluster* ke- i

v_i : nilai *centroid cluster* ke- i

Objective function yang digunakan untuk metode *Hard K-Means* dijelaskan dalam persamaan (4).

$$J(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c a_{ik} D(x_k, v_i)^2 \quad (4)$$

n : jumlah data

c : jumlah *cluster*

a_{ik} : keanggotaan data ke- k ke *cluster* ke- i

v_i : nilai *centroid cluster* ke- i

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan analisis *cluster* adalah melakukan standardisasi variabel. Langkah ini dilakukan karena

Tabel 2. Iteration History ^a Change in Cluster Centers

Iteration	1	2	3
1	1,394	1,397	1,535
2	,000	,336	,390
3	,000	,000	,000

Sumber: hasil analisis, 2020

^a Convergence achieved due to no or small change in cluster centers. The maximum absolute coordinate change for any center is ,000. The current iteration is 3. The minimum distance between initial centers is 4,263.

Tabel 3. Final Cluster Centers

Keterangan	Cluster		
	1	2	3
Zscore: Kepadatan Pada Radius 500 m	-,68344	-,39728	,75011
Zscore: Rata-rata Jarak Jalan Kaki	2,03921	-,39786	-,33825
Zscore: % Perkantoran	-,72668	,85907	-,74022
Zscore: % Komersial	-,62213	,90852	-,84137
Zscore: Kepadatan Persimpangan	-,76073	-,16963	,50785

Sumber: hasil analisis, 2020

adanya perbedaan satuan antara variabel-variabel yang digunakan. Variabel rata-rata jarak berjalan adalah ratusan bahkan sampai 800 lebih, sedangkan satuan kepadatan penduduk adalah ratusan hingga ribuan. Variabel yang lain yaitu kepadatan persimpangan dengan satuan puluhan, berbeda dengan satuan persentase kawasan perkantoran dan persentase kawasan komersial, yang mewakili *mixedness of land use*. Dengan standardisasi ini, data *outlier* dapat dikeluarkan dari kumpulan data, dan ini adalah manfaat dari standardisasi.

Konvergensi dari analisis *cluster* tercapai pada iterasi ke-3 dengan jarak minimum antara pusat *cluster* awal sebesar 4,263. Hal ini sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2. Pada iterasi ke-2, hanya *cluster* 1 yang konvergen. Tetapi, pada iterasi ke-3, semua *cluster* konvergen.

Dalam menginterpretasikan hasil analisis, digunakan pendekatan bahwa stasiun mewakili TOD dengan asumsi TOD dibangun di sekitar kawasan stasiun. Interpretasi dari hasil analisis digambarkan pada Tabel 3. Dari tabel yang dimaksud, terlihat bahwa *cluster* 1 adalah stasiun dengan rata-rata jarak berjalan yang besar. Stasiun yang masuk dalam *cluster* 2 berada pada kawasan sibuk dengan persentase kawasan komersial dan/atau kawasan perkantoran yang besar. Sedangkan yang masuk dalam *cluster* 3 adalah yang terletak pada kawasan dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan/atau area dengan kepadatan persimpangan yang tinggi.

Untuk melihat perbedaan stasiun di antara tiga *cluster* yang terbentuk digunakan ANOVA. Hasil analisis ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. ANOVA

Keterangan	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Zscore: Kepadatan Pada Radius 500 m	2,347	2	,731	10	3,213	,084
Zscore: Rata-rata Jarak Jalan Kaki	4,919	2	,216	10	22,760	,000
Zscore: % Perkantoran	4,112	2	,378	10	10,889	,003
Zscore: % Komersial	4,633	2	,273	10	16,946	,001
Zscore: Kepadatan Persimpangan	1,310	2	,938	10	1,396	,292

Sumber: hasil analisis, 2020

The F tests should be used only for descriptive purposes because the clusters have been chosen to maximize the differences among cases in different clusters. The observed significance levels are not corrected for this and thus cannot be interpreted as tests of the hypothesis that the cluster means are equal.

Tabel 5. Number of Cases in each Cluster

	1	2,000
Cluster	2	6,000
	3	5,000
Valid		13,000
Missing		,000

Sumber: hasil analisis, 2020

Tabel ANOVA menggambarkan bahwa variabel rata-rata jarak berjalan adalah yang paling menunjukkan perbedaan di antara stasiun pada *cluster* yang terbentuk. Variabel persentase kawasan komersial dan persentase kawasan perkantoran juga signifikan dalam menentukan pembentukan *cluster*. Hal ini terlihat dari nilai F yang besar pada ketiga variabel, khususnya variabel rata-rata jarak berjalan, dengan signifikansi kesalahan < 0,05.

Pembagian stasiun ke dalam *cluster* dapat dilihat pada Tabel 5. *Cluster* 1 terdiri dari 2 stasiun yaitu Stasiun Sultan Mahmud Badarudin II dan Asrama Haji



Sumber: [36]

Gambar 2. Integrasi LRT Sumatera Selatan dengan Trans Musi, angkot dan feeder

yang memiliki karakteristik jarak berjalan yang jauh. Stasiun Pundi Kayu, RSUD, Garuda Dempo, Demang, dan Polres masuk ke dalam *cluster 3* yang berada pada kawasan dengan kepadatan penduduk dan/atau kepadatan persimpangan yang tinggi. Sedangkan yang masuk dalam *cluster 2* adalah Stasiun Bumi Sriwijaya, Dishub, Cinde, Ampera, Jakabaring, dan DJKA yang merupakan kawasan komersial dan/ atau perkantoran.

Sebagai *backbone* pelayanan transportasi pada koridor utama Palembang, LRT Sumatera Selatan perlu diintegrasikan dengan pelayanan angkutan umum *feeder* agar pengguna tertarik untuk menggunakannya. Keterpaduan pelayanan LRT Sumatera Selatan dengan angkutan umum lainnya dapat dilihat pada Gambar 2. Terlihat bahwa stasiun LRT terhubung dengan layanan bis Trans Musi, angkot, dan angkutan *feeder*. Saat ini juga tengah diperkenalkan layanan angkutan umum Teman Bus yang baru memiliki 3 koridor.

4. Kesimpulan

Dengan mengetahui karakteristik masing-masing *cluster* dari stasiun dan daerah sekitarnya yang potensial untuk TOD, maka perencanaannya perlu mempertimbangkan kekurangan dan kelebihan yang dimiliki agar tujuan pembangunan untuk mendorong penggunaan LRT tercapai. *Cluster 1* dengan jarak berjalan yang jauh perlu diantisipasi, misalnya dengan penyediaan angkutan penghubung yang merupakan bagian dari trayek angkutan umum lain yang terhubung langsung dengan stasiun agar pengguna tetap tertarik untuk menggunakan LRT. Sementara itu, stasiun yang terhubung dengan bandara dapat difasilitasi dengan *conveyor belt* atau *retail* di sepanjang jalan menuju stasiun agar pengguna tidak merasa jauh saat berjalan menuju stasiun.

Cluster yang berada pada kawasan dengan kepadatan penduduk tinggi dan/atau banyak persimpangan perlu difasilitasi dengan *interchange* sebagai tempat pergantian moda dan fasilitas angkutan umum lain yang terhubung secara langsung agar orang tertarik menggunakan LRT. Stasiun Bumi Sriwijaya, Dishub, Cinde, dan Ampera yang berada pada kawasan sibuk, yaitu area komersial dan perkantoran, mengalami kemacetan pada jam-jam tertentu, sehingga juga perlu difasilitasi dengan angkutan umum yang terhubung secara langsung. Pada Stasiun Garuda Dempo, Polres, Jakabaring, dan DJKA terdapat lahan kosong yang dapat dibangun fasilitas *park & ride* agar orang dapat memarkir kendaraannya dan melanjutkan perjalanannya dengan LRT.

Salah satu tujuan pengembangan TOD di sekitar stasiun LRT Sumatera Selatan adalah untuk mendorong orang untuk menggunakan LRT, di

samping untuk mencegah pengembangan kota yang *sprawl*. Selain TOD dan penyediaan angkutan umum penghubung, stasiun LRT Sumatera Selatan perlu difasilitasi dengan area parkir, baik untuk sepeda motor, sepeda, dan mobil. Demikian pula, jalur pejalan kaki ataupun ruang bagi pedestrian yang menghubungkan dengan lokasi halte BRT Trans Musi, angkot, dan layanan angkutan *feeder* lainnya yang memenuhi persyaratan keselamatan juga perlu disediakan agar pengguna tidak mengalami kesulitan ketika melakukan perpindahan angkutan umum.

Beberapa lokasi yang cukup potensial untuk dibangun lokasi *park and ride* untuk mendukung penyelenggaraan LRT Sumatera Selatan antara lain Stasiun Pundi Kayu, RSUD, Bumi Sriwijaya, Polresta, Jakabaring, dan DJKA karena tersedia lahan di sekitar stasiun. Tetapi, lokasi stasiun yang lain juga perlu difasilitasi dengan *park and ride* agar pelaku perjalanan yang menggunakan kendaraan pribadi tertarik untuk mengakses LRT ini.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Transportasi Antarmoda Badan Penelitian dan Pengembangan Perhubungan yang telah memberikan dukungan terhadap pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Dinas Perhubungan Provinsi Sumatera Selatan yang telah memfasilitasi penyelenggaraan Focus Group Discussion.

Daftar Pustaka

- [1] K. P. Bappenas, "Review Outline Business Case/ Kajian Awal Prastudi Kelayakan Report Penyusunan Dokumen Transaksi Proyek Kerjasama Pemerintah Swasta Palembang Monorail," Jakarta, 2015. [Online]. Available: [https://www.bappenas.go.id/files/pkps/monorail_palembang/Reviu_Kajian_Awal_Prastudi_Kelayakan_\(Outline_Business_Case\).pdf](https://www.bappenas.go.id/files/pkps/monorail_palembang/Reviu_Kajian_Awal_Prastudi_Kelayakan_(Outline_Business_Case).pdf).
- [2] "Review Studi Kelayakan Light Rail Transit (LRT) di Provinsi Sumatera Selatan", PT. Waskita Karya (Persero) Tbk-PT. Trisula Meganta Consultant Engineering & Soil Investigation, Palembang, 2018.
- [3] S. Niu, A. Hu, Z. Shen, S. Siu, Y. Lau, and X. Gan, "Journal of Asian Architecture and Building Engineering Study on land use characteristics of rail transit TOD sites in new towns-taking Singapore as an example) Study on land use characteristics of rail transit TOD sites in new towns-taking Singapore as an example Study on land use characteristics of rail transit TOD sites in new towns-taking Singapore as an example," J. Asian Archit. Build. Eng., vol. 18, no. 1, pp. 16–27, 2019, doi: 10.1080/13467581.2019.1586712.

- [4] P. Calthorpe, *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*: Calthorpe, Peter: 9781878271686: Amazon.com: Books. New York: Princeton Architectural Press, 1993.
- [5] D. Bowyer, "Measuring urban growth, urban form and accessibility as indicators of urban sprawl in Hamilton, New Zealand," 2015. Accessed: Jun. 09, 2021. [Online]. Available: <http://lup.lub.lu.se/studentpapers/record/8230612>.
- [6] V. Paül and M. Tonts, "Containing urban sprawl: Trends in land use and spatial planning in the Metropolitan Region of Barcelona," *J. Environ. Plan. Manag.*, vol. 48, no. 1, pp. 7–35, Jan. 2005, doi: 10.1080/0964056042000308139.
- [7] P. La Greca, L. Barbarossa, M. Ignaccolo, G. Inturri, and F. Martinico, "The density dilemma. A proposal for introducing smart growth principles in a sprawling settlement within Catania Metropolitan Area," *Cities*, vol. 28, no. 6, pp. 527–535, Dec. 2011, doi: 10.1016/j.cities.2011.06.009.
- [8] P. Abelairas-Etxebarria and I. Astorkiza, "Farmland prices and land-use changes in periurban protected natural areas," *Land use policy*, vol. 29, no. 3, pp. 674–683, Jul. 2012, doi: 10.1016/j.landusepol.2011.11.003.
- [9] M. McEldowney, T. Ryley, M. Scott, and A. Smyth, "Integrating land-use planning and transportation in Belfast: A new policy agenda for sustainable development?," *J. Environ. Plan. Manag.*, vol. 48, no. 4, pp. 507–526, Jul. 2005, doi: 10.1080/09640560500128418.
- [10] P. A. Calthorpe, *Design Guidelines /Final Public Review Draft for Sacramento County Planning Community Development Department*, 1990.
- [11] M. S. Bernick and R. B. Cervero, "Transit Villages in the 21st Century:," in *Transit Villages in the 21st Century*., 1st ed., McGraw-Hill; First Edition, 1996
- [12] T. Still, "Transit-Oriented Development: Reshaping America's Metropolitan Landscape - OCG Winter 2002 Issue," National Association of Realtors, 2002. https://www.nar.realtor/smart_growth.nsf/Pages/ocg_winter2002_transit_oriented_development.
- [13] R. Cervero, C. Ferrell, and S. Murphy, "Transit-Oriented Development and Joint Development In The United States: A Literature Review," *Eashington*, vol. 52, 2002.
- [14] J. Renne, "Evaluating Transit-Oriented Development Using a Sustainability Framework: Lessons from Perth's Network City," *Univ. Calgary*, pp. 115–148, 2008.
- [15] H. Suzuki, R. Cervero, and K. Iuchi, *Transforming Cities with Transit*. The World Bank, 2013.
- [16] H. M. Taki, M. M. H. Maatouk, E. M. Qurnfulah, and M. O. Aljoufie, "Planning TOD with land use and transport integration: a review," *J. Geosci. Eng. Environ. Technol.*, vol. 2, no. 1, p. 84, Mar. 2017, doi: 10.24273/jgeet.2017.2.1.17.
- [17] C. Curtis and J. Scheurer, "Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making," *Prog. Plann.*, vol. 74, no. 2, pp. 53–106, Aug. 2010, doi: 10.1016/j.progress.2010.05.001.
- [18] H. S. Hasibuan, T. P. Soemardi, R. Koestoer, and S. Moersidik, "The Role of Transit Oriented Development in Constructing Urban Environment Sustainability, the Case of Jabodetabek, Indonesia," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 20, pp. 622–631, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.proenv.2014.03.075.
- [19] R. Cervero and D. Dai, "BRT TOD: Leveraging transit oriented development with bus rapid transit investments," *Transp. Policy*, vol. 36, pp. 127–138, Nov. 2014, doi: 10.1016/j.tranpol.2014.08.001.
- [20] J. Black, K. Tara, and P. Pakzad, "Planning and design elements for transit oriented developments/smart cities: Examples of cultural borrowings," in *Procedia Engineering*, Jan. 2016, vol. 142, pp. 2–9, doi: 10.1016/j.proeng.2016.02.006.
- [21] Y. Dou, X. Luo, L. Dong, C. Wu, H. Liang, and J. Ren, "An empirical study on transit-oriented low-carbon urban land use planning: Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) on Shanghai, China," *Habitat Int.*, vol. 53, pp. 379–389, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.habitatint.2015.12.005.
- [22] G. Li, X. Luan, J. Yang, and X. Lin, "Value capture beyond municipalities: Transit-oriented development and inter-city passenger rail investment in China's Pearl River Delta," *J. Transp. Geogr.*, vol. 33, pp. 268–277, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2013.08.015.
- [23] E. E. Boschmann and S. A. Brady, "Travel behaviors, sustainable mobility, and transit-oriented developments: A travel counts analysis of older adults in the Denver, Colorado metropolitan area," *J. Transp. Geogr.*, vol. 33, pp. 1–11, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2013.09.001.
- [24] K. A. Ratner and A. R. Goetz, "The reshaping of land use and urban form in Denver through transit-oriented development," *Cities*, vol. 30, no. 1, pp. 31–46, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.cities.2012.08.007.
- [25] K. M. Kockelman, "Travel behavior as function of accessibility, land use mixing, and land use balance: Evidence from San Francisco Bay Area," *Transp. Res. Rec.*, no. 1607, pp. 116–125, 1997, doi: 10.3141/1607-16.
- [26] M. Zhang, "The role of land use in travel mode choice: Evidence from boston and hong kong," *J. Am. Plan. Assoc.*, vol. 70, no. 3, pp. 344–360, 2004, doi: 10.1080/01944360408976383.
- [27] L. D. Frank, B. Chair, A. Devlin, S. Johnstone, and J. Van Loon, "Neighbourhood Design, Travel, and Health in Metro Vancouver: Using a Walkability Index Executive Summary Executive Summary Neighbourhood Design, Travel, and Health in Metro Vancouver," 2010. Accessed: Jun. 09, 2021. [Online]. Available: www.publictransportation.org/facts/100917_transit_savings.asp.
- [28] G. B. Arrington, "Light Rail and The American City: State-Of-The-Practice For Transit-Oriented Development," 2003.
- [29] R. Huang, A. Grigolon, M. Madureira, and M. Brussel, "Measuring transit-oriented development (TOD) network complementarity based on tod node

- typology," *J. Transp. Land Use*, vol. 11, no. 1, pp. 304–324, 2018, doi: 10.5198/jtlu.2018.1110.
- [30] R. Cervero and K. Kockelman, "Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 2, no. 3, pp. 199–219, Sep. 1997, doi: 10.1016/S1361-9209(97)00009-6.
- [31] R. Ewing and R. Cervero, "Travel and the built environment: A synthesis," in *Transportation Research Record*, Jan. 2001, no. 1780, pp. 87–113, doi: 10.3141/1780-10.
- [32] E. Guerra, R. Cervero, and D. Tischler, "Half-mile circle," *Transp. Res. Rec.*, no. 2276, pp. 101–109, Dec. 2012, doi: 10.3141/2276-12.
- [33] A. A. Wright and S. Thiriez, "Bus services : reducing costs, raising standards / Alan Armstrong-Wright and Sebastien Thiriez | National Library of Australia," Washington DC, 1987. Accessed: Jun. 09, 2021. [Online]. Available: <https://catalogue.nla.gov.au/Record/103028>.
- [34] A. Hidayat, "Penjelasan Lengkap Tentang Analisis Cluster - Uji Statistik," Mar. 26, 2014. <https://www.statistikian.com/2014/03/analisis-cluster.html> (accessed Jun. 09, 2021).
- [35] M. W. Talakua, Z. A. Leleury, and A. W. Taluta, "Analisis Cluster Dengan Menggunakan Metode K-MEANS Untuk Pengelompokkan Kabupaten/Kota Di Provinsi Maluku Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Tahun 2014," *Barekeng J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 11, no. 2, pp. 119–128, Dec. 2017, doi: 10.30598/barekengvol11iss2pp119-128.
- [36] P. P. T. Antarmoda, "Tipologi Transit Oriented Development (TOD) Pada Light Rail Transit (LRT) Palembang." 2018
- [37] Peraturan Daerah Sumatera Selatan, "Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2016-2036," 2016. https://bappeda.sumselprov.go.id/userfiles/files/20180607114512perda-prov-sumsel-no-11-th-2016_rtrwp-sumsel.pdf.
- [38] Badan Pusat Statistik, "Provinsi Sumatera Selatan Dalam Angka Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Selatan (Bps-Statistics Of Sumatera Selatan Province)," 2018. [Online]. Available: <https://sumsel.bps.go.id/publication/download.html?nrbvfeve=OWZmODVjODFkN2VjMjAzNTE3ZTA5Y2Fh&xzmn=aHR0cHM6Ly9zdW1zZWwuYnBzLmdvLmlkL3B1YmxpY2F0aW9uLzlwMTgvMDgvMTYvOWZmODVjODFkN2VjMjAzNTE3ZTA5Y2FhL3Byb3ZpbmNpLXN1bWF0ZXJhLXNlbGF0YW4tZGFsYW0tYW5na2EtMjAxOC5odG1s&twoadfnorfeauf=MjAyMS0wNi0xNCxMzo1Mzo1MA%3D%3D..>

Halaman ini sengaja dikosongkan