

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keberadaan transportasi pada kehidupan modern saat ini menjadi suatu kebutuhan yang fundamental dalam sistem kehidupan masyarakat. Hal ini ditandai dengan semakin meningkatnya kendaraan pribadi dari tahun ke tahun. Akan tetapi, peningkatan kendaraan pribadi sangat beresiko terhadap peningkatan polusi udara dan emisi gas rumah kaca sehingga berbahaya bagi kesehatan dan generasi mendatang (Chakour & Eluru, 2016). Alternatif yang sering disarankan untuk mengurangi eksternalitas negatif dari penggunaan kendaraan pribadi adalah pengembangan sistem transportasi umum yang efisien (Chakour & Eluru, 2016), seperti transportasi multimoda yang mengembangkan transportasi dengan konsep operasi yang terintegrasi dan melibatkan jaringan yang terhubung antara jenis moda, serta mempertimbangkan elemen pertukaran moda transportasi yang memudahkan penumpang (Yatskiv & Budilovich, 2017). Di antara berbagai moda transportasi umum, *Bus Rapid Transit* (BRT) merupakan salah satu solusi paling efisien untuk menyediakan layanan transit di kota-kota yang berkembang pesat di negara-negara berkembang (Dimitriou et al., 2012 dan Parbo et al., 2018). BRT menggabungkan fitur-fitur terbaik dari transportasi multimoda berbasis rel dengan biaya yang lebih sedikit seperti kualitas layanan yang relatif murah, cepat diterapkan, fleksibel, dan berkualitas tinggi untuk kebutuhan transportasi kota-kota berkembang (Ghaderi et al., 2017).

Transportasi umum hampir pasti akan berperan penting dalam bergerak menuju masa depan perkotaan yang lebih berkelanjutan. Dalam hal ini, BRT memiliki berbagai peluang dan tantangan, termasuk beberapa terkait dengan kinerja sistem transportasi yang dapat diandalkan dalam mempengaruhi statusnya sebagai alternatif yang diinginkan untuk transportasi pribadi (Yetiskul & Senbil, 2012). Dengan kata lain, menarik penumpang ke angkutan umum didasarkan pada beberapa hal seperti keandalan dan variabilitas waktu tempuhnya (Bowman dan Turnquist, 1981 dalam Yetiskul & Senbil, 2012). Berbeda dengan transportasi pribadi (mobil), angkutan umum (bus) sering mengalami siklus melambat, pemberhentian, mempercepat, dan perpindahan yang disebabkan oleh berbagai faktor. Hal seperti inilah yang menentukan daya tarik penumpang untuk menggunakan BRT. Oleh sebab itu, kinerja sistem transportasi dari BRT perlu diperhatikan dan ditingkatkan untuk keberlanjutan penggunaan BRT di perkotaan.

Kinerja sistem transportasi dapat diukur dengan variabilitas waktu tempuh yang menjelaskan tingkat variasi waktu tempuh untuk perjalanan pada rute yang sama selama periode waktu tertentu (Low et al., 2020). Waktu tempuh dalam angkutan umum bus dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti waktu operasional, karakteristik wilayah dengan guna lahan yang bervariasi, karakteristik rute/jalan, dan karakteristik layanan dari BRT itu sendiri (Comi et al., 2017; Yetiskul & Senbil, 2012; Low et al., 2020;

Kim & Chung, 2018). Low et al. (2020) menjelaskan bahwa waktu perjalanan untuk rute bus yang sama selama hari kerja dan akhir pekan memiliki perbedaan. Waktu tempuh selama hari kerja memiliki pengaruh yang relatif tinggi dibandingkan waktu tempuh di akhir pekan. Hal ini disebabkan karena aktivitas yang tinggi di hari kerja menyebabkan padatnya lalu lintas sehingga mempengaruhi lamanya waktu tempuh bus di hari kerja dibanding waktu tempuh bus di hari libur (Low et al., 2020). Selain itu, waktu tempuh menurut waktu operasional di satu hari juga memiliki perbedaan yang signifikan. Rata-rata waktu tempuh di jam sibuk pagi dan jam sibuk sore hari lebih lama daripada waktu tempuh di jam tidak sibuk (Yetiskul & Senbil, 2012 dan Comi et al., 2017).

Beberapa penelitian sebelumnya juga membahas faktor-faktor yang mempengaruhi waktu tempuh selain perbedaan waktu operasional, yaitu faktor karakteristik wilayah dengan guna lahan yang bervariasi. Beberapa diantaranya yaitu waktu tempuh memiliki perbedaan di masing-masing wilayah yang disebabkan oleh heterogenitas seperti karakteristik wilayah, persebaran pusat kegiatan, dan panjang jalan (Yetiskul & Senbil, 2012), perbedaan aktivitas pada *origin-destination* (O/D) (Kim & Chung, 2018), faktor lalu lintas dan faktor wilayah seperti di CBD, permukiman, atau pinggiran kota memiliki pengaruh terhadap variasi waktu perjalanan bus (Low et al., 2020). Dalam penelitiannya Low et al (2020) menjelaskan bahwa rute perjalanan antara perkotaan, pinggiran kota dan bahkan kota kecil akan menunjukkan sifat yang berbeda dibandingkan dengan rute yang hanya melakukan perjalanan di daerah perkotaan atau pinggiran kota. Daerah perkotaan dengan guna lahan yang beragam, dimana sebagian besar kantor publik dan universitas besar, kawasan pusat bisnis, serta tempat area sekolah berada akan memiliki waktu tempuh yang relatif lebih lama dan tidak dapat diandalkan dibandingkan dengan wilayah dengan guna lahan di pinggiran kota dengan penggunaan lahan yang tidak padat dan memiliki daerah permukiman yang tersebar. Hal ini diperjelas pada penelitian oleh Asfiati & Zurkiyah (2021) yang menyatakan bahwa wilayah dengan guna lahan yang berbeda seperti permukiman, perdagangan, pendidikan mempunyai ciri bangkitan lalu lintas yang berbeda pada jumlah arus lalu lintas, jenis lalu lintas, lalu lintas pada waktu yang berbeda. Keberagaman guna lahan ini dapat menimbulkan dampak pada meningkatnya aktivitas lalu lintas. Munculnya aktivitas-aktivitas baru berpotensi menjadi penyebab persoalan lalu lintas salah satunya yaitu waktu perjalanan yang melambat, sehingga akan mempengaruhi waktu tempuh tempuh bus di setiap rute yang melewati wilayah yang berbeda (Asfiati & Zurkiyah, 2021).

Selain itu, karakteristik layanan BRT dan jalan yang dilayani juga mempengaruhi waktu tempuh bus. Menurut Yetiskul dan Senbil (2012), faktor internal layanan BRT terkait dengan fitur seperti jenis kendaraan, kapasitas penumpang, proses pengumpulan tarif, dan jumlah halte bus pada rute, serta hasil lain yang diantisipasi berkaitan dengan jumlah halte pada model berbasis jalur. Ketika jumlah halte bus per jalur meningkat, variabilitas waktu perjalanan cenderung meningkat, sebuah temuan yang mendukung penelitian sebelumnya tentang variabilitas waktu perjalanan (Yetiskul & Senbil, 2012). Penelitian Low et al. (2020) juga menjelaskan bahwa panjang rute bus, jalan raya atau arteri, dan jalur khusus bus memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu tempuh bus. Keunggulan topografi yang datar, jaringan jalan yang lebar, dan jalur khusus bus yang lebih panjang terbukti lebih dapat diandalkan.

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu provinsi yang turut mengimplementasikan sistem *bus rapid transit*. *Bus rapid transit* atau biasa disebut dengan TransJogja memiliki pelayanan yang terkonsentrasi di kawasan aglomerasi perkotaan Yogyakarta (Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul) akibat beragamnya aktivitas dan tingginya pergerakan di wilayah perkotaan. Kota Yogyakarta dijuluki kota pelajar dan kota pariwisata sedangkan Kabupaten Sleman dan Bantul termasuk area peri urban kawasan perkotaan ini. Kabupaten Sleman dan Bantul merupakan kantong-kantong pertumbuhan permukiman yang setiap tahunnya mengalami peningkatan perubahan guna lahan dari pertanian ke non pertanian. TransJogja hadir untuk memenuhi kebutuhan pergerakan atau mobilitas masyarakat harian dalam menghubungkan pusat kota dengan kawasan perkotaan di sekitarnya. TransJogja dianggap sebagai andalan bagi pemerintah karena rute-rute yang diciptakan dianggap mampu melayani seluruh titik-titik utama yang ada di Yogyakarta. TransJogja memiliki total jalur sebanyak 17 rute, dengan jumlah armada sebesar 129 armada, serta memiliki total halte sebanyak 283 halte yang tersebar dalam 17 rute utama dengan jumlah penumpang saat pandemi COVID-19 hanya mencapai 7.000 penumpang per hari dan 25.000 penumpang per hari sebelum adanya COVID-19. Namun, jumlah ini masih tergolong cukup rendah jika dibandingkan dengan jumlah penumpang pada kota-kota lainnya yang bahkan mencapai hampir 1 juta penumpang per harinya. Tentunya banyak faktor yang menyebabkan masih rendahnya penumpang TransJogja, salah satunya yaitu keandalan waktu tempuh bus yang berhubungan dengan kinerja sistem transportasi. TransJogja masih memiliki kekurangan pada kinerja sistem transportasinya. Tingkat layanan ketepatan bus TransJogja pada halte masih tergolong buruk dengan rerata ketepatan kurang dari 75% dan kinerja pelayanan waktu tunggu pada halte TransJogja secara keseluruhan masih kurang baik, karena sebagian besar rute TransJogja baik pada saat jam puncak pagi maupun saat jam puncak sore waktu tunggu mencapai 20-30 menit (Adi, 2019), artinya belum memenuhi standar layanan BRT menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. 10 tahun 2012 (PMPRI No. 10 tahun 2012) yang menyatakan bahwa perbedaan waktu tunggu maksimum adalah 7 menit pada waktu sibuk dan 15 menit pada waktu tidak sibuk. Ketepatan waktu dan *headway* ini berkaitan dengan waktu tempuh bus yang menyebabkan tingginya tingkat variabilitas waktu tempuh. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Tugu Trans dan PT. Anindya Mitra Internasional, waktu tempuh TransJogja memiliki variasi yang beragam di setiap rutanya baik berdasarkan perbedaan temporalnya maupun berdasarkan perbedaan spasial. Waktu tempuh yang bervariasi dan belum stabil setiap waktunya, mengakibatkan tingkat variabilitas waktu tempuh TransJogja tinggi sehingga mengakibatkan waktu tempuh TransJogja belum dapat diandalkan. Secara temporal, waktu tempuh TransJogja lebih lama saat *weekdays* dibandingkan saat *weekend*, dan lebih lama saat *peak hours* dibandingkan saat *off-peak hours*. Tentunya perbedaan temporal ini mempengaruhi tingkat variabilitas waktu tempuh TransJogja yang berkaitan dengan keandalan waktu tempuh bus TransJogja. Jika dilihat secara spasial, rute TransJogja tersebar melewati berbagai jenis karakteristik spasial seperti pinggiran kota, pusat aktivitas yang berada di pusat kota, kawasan wisata, kawasan usaha dan kawasan pendidikan. Karakteristik spasial ini mempengaruhi waktu tempuh bus karena tingginya aktivitas berdampak pada

kepadatan lalu lintas sehingga menimbulkan permasalahan lalu lintas seperti penundaan waktu tempuh yang pada akhirnya mengakibatkan tingginya variabilitas waktu tempuh.

Pentingnya variabilitas waktu tempuh dapat dilihat dari dua sudut pandang yaitu operator transportasi dan pengguna (Low et al., 2020). Dari sudut pandang operator BRT, variabilitas waktu tempuh yang tinggi mengakibatkan kinerja sistem transportasi yang buruk. Akibatnya, hal tersebut dapat mengakibatkan hilangnya penumpang dan dengan demikian pendapatan operator BRT berkurang. Sedangkan dari sudut pandang pengguna, pengguna mengharapkan waktu tempuh sistem transportasi tidak melebihi waktu tempuh rata-rata atau waktu yang dijadwalkan dengan tingkat waktu tambahan yang dapat diterima. Kurangnya kinerja pelayanan tepat waktu atau ketidakpastian waktu kedatangan akan mengakibatkan kecemasan atau stres bagi para pelancong (Sun et al., 2003; Low et al., 2020). Dengan demikian, pengurangan nilai variabilitas waktu tempuh ditemukan lebih penting dibandingkan dengan pengurangan waktu perjalanan rata-rata untuk para pelancong (Bates et al., 2001; Sun et al., 2003; Low et al., 2020). Menghasilkan informasi waktu tempuh yang andal merupakan aspek penting untuk meningkatkan kepercayaan pengguna dalam menggunakan sistem transportasi umum, BRT TransJogja. Perkiraan waktu tempuh dari satu titik ke titik lainnya biasanya diumumkan kepada publik. Namun, estimasi tersebut dapat mengalami penyimpangan karena tidak mencerminkan ketidakpastian kondisi lalu lintas karena sifat stokastiknya.

Oleh sebab itu, penelitian ini penting untuk dilakukan karena berhubungan dengan operator BRT dan juga pengguna BRT. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat variabilitas waktu tempuh dan kaitannya dengan karakteristik temporal dan spasial. Metode distribusi normal dan indeks variabilitas dengan menggunakan 3 indeks utama yaitu *skew index*, *width index*, dan *median-based buffer index* yang dikembangkan oleh Lomas dan Van Lint digunakan untuk menghitung variabilitas waktu tempuh dan analisis deskriptif untuk mengetahui karakteristik spasial dan waktu operasional berdasarkan variasi temporal TransJogja. Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat digunakan sebagai gambaran terkait variabilitas waktu tempuh TransJogja dan kaitannya dengan spasial dan perbedaan waktu operasional secara temporal yang berdampak pada kualitas layanan BRT. Selain itu, dengan mengetahui variasi waktu tempuh yang berkaitan oleh beberapa faktor dapat menjadi rekomendasi terhadap operator transportasi untuk peningkatan layanan dan rekomendasi untuk pengguna dalam menentukan rute perjalanan (Low et al., 2020).

1.2. Rumusan Masalah

Variabilitas waktu tempuh untuk perjalanan pada rute yang sama selama periode waktu tertentu dapat digunakan untuk mengukur kinerja sistem transportasi. TransJogja memiliki tingkat variabilitas waktu tempuh yang tinggi yang menandakan waktu tempuh TransJogja tidak dapat diandalkan. Ketidakandalan waktu tempuh TransJogja dapat menimbulkan rasa ketidaktertarikan masyarakat dalam memanfaatkan transportasi ini. Selain *headway*, penyebab lain dari variabilitas waktu perjalanan BRT adalah faktor temporal dan faktor spasial juga harus diamati dalam penelitian (Yetiskul & Senbil, 2012; Low et al., 2020). Terdapat rute TransJogja yang melewati pusat aktivitas perkotaan dan juga rute

TransJogja yang melewati pinggiran kota. Walaupun melewati perbedaan spasial, namun masing-masing rute TransJogja melayani titik-titik utama yang ada di Yogyakarta. Hal ini mengakibatkan sering terjadinya permasalahan lalu lintas disaat jam-jam puncak. Selain itu, kurang memadainya infrastruktur jalan seperti kurangnya kapasitas jalan untuk menampung volume lalu lintas disaat jam puncak juga menjadi sebab utama terjadinya permasalahan lalu lintas. Hal ini mengakibatkan ada tundaan waktu tempuh TransJogja. Saat jam puncak TransJogja memiliki waktu tempuh yang lebih lama 5-20 menit dibandingkan diluar jam puncak. Variabilitas waktu tempuh sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berhubungan dengan lalu lintas di bawah pengaruh hari dan waktu operasi (temporal) dan juga lingkungan operasi (spasial) layanan bus. Namun, hingga saat ini belum terdapat dokumen yang menjelaskan tingkat variabilitas waktu tempuh dan kaitannya terhadap faktor temporal dan faktor spasial baik dari pemerintah, instansi terkait maupun penelitian lainnya. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pertanyaan penelitian ini adalah "**Bagaimana keterkaitan spasial dan waktu operasional terhadap variabilitas waktu tempuh TransJogja?**"

1.3. Tujuan dan Sasaran Penelitian

1.3.1. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis keterkaitan spasial dan waktu operasional terhadap variabilitas waktu tempuh TransJogja.

1.3.2. Sasaran

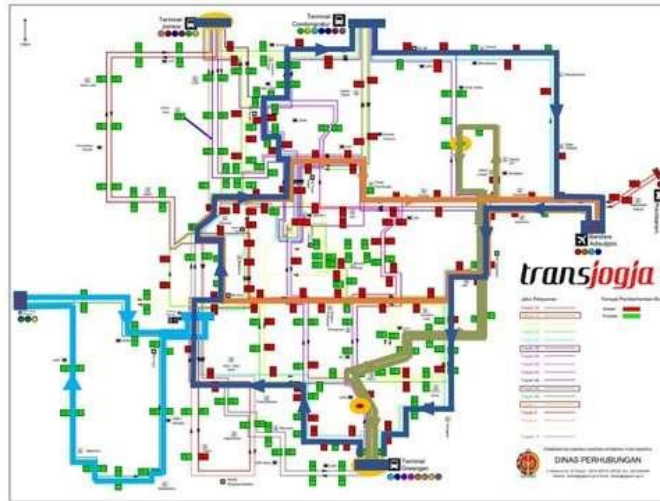
1. Mengidentifikasi variabel spasial sekitar rute TransJogja
2. Mengidentifikasi waktu tempuh berdasarkan perbedaan waktu operasional pada rute TransJogja.
3. Menganalisis variabilitas waktu tempuh TransJogja.
4. Mensintesa keterkaitan spasial dan waktu operasional terhadap variabilitas waktu tempuh TransJogja.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini mencakup ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup materi. Berikut ini merupakan ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup materi penelitian.

1.4.1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah pada penelitian ini yaitu koridor TransJogja yang melewati rute 1B, rute 3B, rute 6A dan rute 7 yang melewati Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul. Rute 1B berada di Kota Yogyakarta dan Kabupaten Sleman, rute 3B berada dibagian tengah wilayah studi yang melewati Kota Yogyakarta dan Kabupaten Sleman, rute 6A berada bagian barat yaitu Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul, dan untuk rute 7 berada di bagian timur yang melewati Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul.



Gambar 1. 1. Peta Rute TransJogja (Rute 1B, 3B, 6A, 7)

Sumber: dishub.jogjaprovo.go.id, 2021.

1.4.2. Ruang Lingkup Materi

Penelitian ini berfokus pada keterkaitan spasial dan waktu operasional terhadap variabilitas waktu tempuh TransJogja. Pembahasan yang dikaji dalam penelitian ini yaitu:

1. Identifikasi variabel spasial sekitar rute TransJogja.

Karakteristik spasial yang dianalisis meliputi guna lahan, lokasi layanan dan geometri jalan. Karakteristik guna lahan dilihat dari luas masing-masing jenis penggunaan lahan, seperti luas kawasan permukiman, kawasan usaha, kawasan sosial budaya, kawasan pendidikan, agrikultur, dan penggunaan lainnya. Kemudian juga dilihat dari tingkat variasi penggunaan lahan yang dihitung dari indeks campuran penggunaan lahan. Indeks campuran penggunaan lahan diambil dari modifikasi metode perhitungan indeks entropi. Indeks entropi pada penelitian ini digunakan tidak berkaitan dengan efisiensi energi, namun pengukuran indeks entropi hanya digunakan untuk menilai tingkat *mix use* dari guna lahan *buffer* 500m di masing-masing rute TransJogja. Luas kawasan yang digunakan untuk indeks entropi adalah total luas gunalahan dengan *buffer* 500m pada empat rute TransJogja yang diteliti, yang kemudian hasilnya dipisahkan untuk masing-masing rute. Hal ini dilakukan dengan tujuan mempermudah analisis dan menggambarkan secara jelas perbedaan tingkat campuran masing-masing rute TransJogja. Selain itu, karakteristik penggunaan lahan juga dilihat dari pusat-pusat aktivitas yang ada pada kawasan yang diteliti. Terkait lokasi layanan, penelitian mengidentifikasi rute yang melayani pusat perkotaan dan pinggiran kota. Sedangkan untuk geometri jalan dilihat dari lebar jalan, panjang jalan, dan fungsi jalan yang dilewati oleh rute TransJogja.

2. Identifikasi waktu tempuh berdasarkan perbedaan waktu operasional pada rute TransJogja.

Waktu tempuh TransJogja diidentifikasi pada rute 1B, 3B, 6A, dan 7 yang mencakup total waktu perjalanan setiap rute. Waktu tempuh diidentifikasi pada waktu operasional yang berbeda yaitu pada hari kerja dan hari libur, jam sibuk dan tidak sibuk. Data waktu tempuh di masing-masing waktu operasional diambil dari data sekunder yang berasal dari PT. JTT dan PT. AMI selaku pihak operasional TransJogja.

3. Analisis variabilitas waktu tempuh TransJogja.

Analisis variabilitas waktu tempuh menunjukkan keandalan waktu tempuh TransJogja. Variabilitas waktu tempuh menggunakan data total waktu tempuh yang telah didapatkan kemudian dihitung menggunakan 3 pendekatan utama yang berasal dari rumus Lomax dan Van Lint yaitu *skew index*, *widht index*, *median – based buffer index*.

4. Sintesa keterkaitan spasial dan waktu operasional terhadap variabilitas waktu tempuh TransJogja.

Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keterkaitan spasial dan waktu operasional variabilitas waktu tempuh TransJogja sehingga dapat digunakan untuk bahan evaluasi dari kualitas layanan BRT di masing-masing rute sebagai upaya dalam pengembangan BRT TransJogja kedepannya. Untuk mengetahui keterkaitan spasial dan perbedaan waktu operasional terhadap variasi waktu tempuh dilakukan dengan menggunakan metode analisis deskriptif dan sintesa hasil studi.

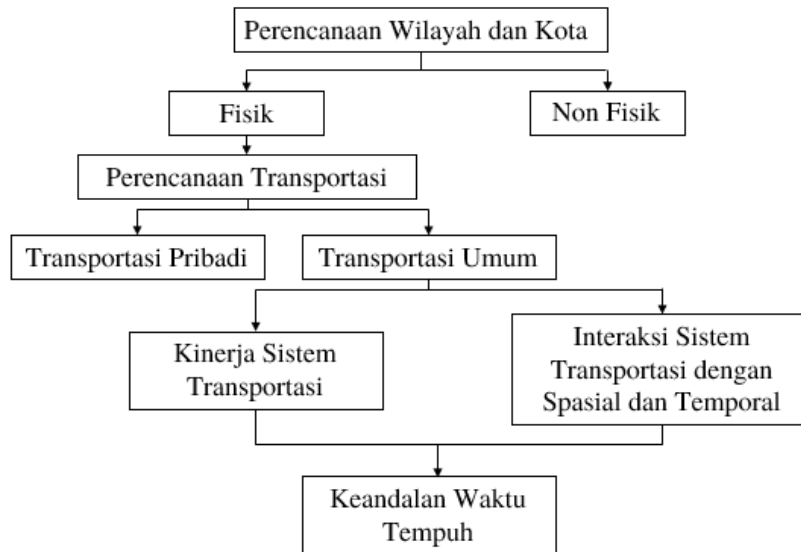
1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak yaitu pengelola BRT TransJogja serta pengembangan ilmu pengetahuan. Bagi pengelola BRT TransJogja khususnya PT Jogja Tugu Trans dan PT Anindya Mitra Internasional, penelitian ini dapat bermanfaat sebagai bahan rekomendasi dan evaluasi dalam merencanakan dan meningkatkan kinerja sistem transportasi BRT TransJogja di masa depan dengan mempertimbangkan karakteristik penggunaan lahan disetiap rute, khususnya pada penentuan prioritas konteks jalur khusus bus agar lebih efisien dan meningkatkan kinerja sistem transportasi umum. Sedangkan untuk pengembangan ilmu pengetahuan khususnya keilmuan Perencanaan Wilayah dan Kota diharapkan penelitian ini dapat memperkaya kajian keilmuan pada bidang transportasi, khususnya terkait karakteristik penggunaan lahan disepanjang rute BRT dan geometri jalan dalam mempengaruhi kinerja sistem transportasi khususnya waktu tempuh bus yang berdampak pada ketepatan bus, serta dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan penelitian ini. Sehingga kedepannya kinerja sistem transportasi dari segi waktu tempuh bus dapat lebih efektif dan efisien.

1.6. Posisi Penelitian

Ilmu perencanaan wilayah dan kota merupakan multidisiplin ilmu yang mempelajari kondisi eksisting saat ini sebagai bahan analisis untuk merencanakan kebutuhan dimasa yang akan datang. Dalam perencanaan wilayah dan kota, terdapat aspek-aspek penting yang kerap menjadi perhatian para perencana, salah satunya yaitu transportasi. Transportasi umum hampir pasti akan berperan penting dalam bergerak menuju masa depan perkotaan yang lebih berkelanjutan. Dalam perencanaan transportasi, kinerja sistem transportasi yang dapat diandalkan menjadi perhatian utama dalam mempengaruhi statusnya sebagai alternatif yang diinginkan dari transportasi pribadi. Keandalan transportasi dilihat dari tingkat variasi waktu tempuh yang berkaitan dengan faktor temporal dan spasial pada wilayah layanan transportasi umum karena

nantinya memberikan pola perjalanan suatu wilayah dan kota. Tingkat keandalan waktu tempuh menentukan daya tarik penumpang untuk menggunakan BRT. Posisi penelitian dalam bidang ilmu perencanaan wilayah dan kota ini dapat dilihat pada Gambar 1. 2.



Gambar 1. 2. Posisi Penelitian Dalam Bidang PWK

Sumber: Penulis, 2022.

1.7. Keaslian Penelitian

Penelitian mengenai keterkaitan spasial dan waktu operasional terhadap variabilitas waktu tempuh TransJogja merupakan penelitian yang belum pernah diteliti sebelumnya. Terdapat beberapa penelitian yang membahas substansi yang memiliki korelasi dengan penelitian yang dilakukan. Beberapa penelitian telah membahas terkait variabilitas waktu tempuh dengan kaitan spasial dan waktu operasional namun dilakukan pada wilayah yang berbeda. Penelitian-penelitian tersebut menjadi acuan dalam penulisan penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan tabel penelitian terdahulu terkait variabilitas waktu tempuh dan kaitannya terhadap spasial dan waktu operasional:

Tabel 1. 1. Tabel Penelitian Terdahulu Terkait Variabilitas Waktu Tempuh

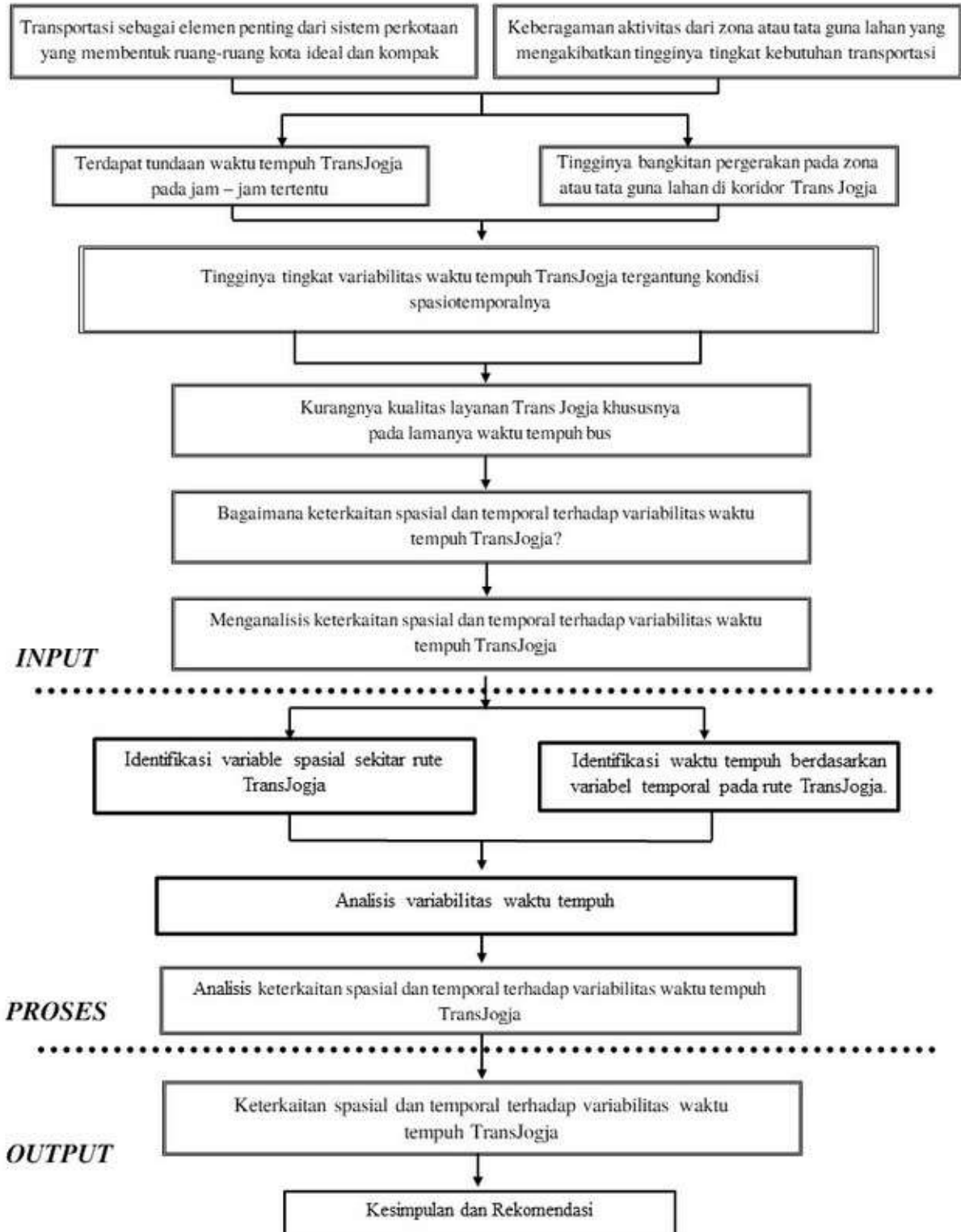
Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Victor Jian Ming Low, Jooi Ling Khoo, Wooi Chen Khoo	2020	<i>Quantifying Bus Travel Time Variability and Identifying Spatial and Temporal Factors Using Burr</i>	Menggambarkan perbedaan pola distribusi waktu perjalanan karena perbedaan temporal di berbagai lingkungan operasi, dan menyelidiki	<i>Variability Index dan Burr Distribution Model.</i>	Tingkat dampak dari faktor-faktor yang berhubungan dengan lalu lintas, yaitu panjang bagian dan kepadatan sinyal lalu lintas dalam mempengaruhi TTV berbeda dalam berbagai kondisi operasi. Di daerah pinggiran kota dan pemukiman, faktor-faktor ini

		<i>Distribution Model</i>	dampak dari faktor-faktor yang berhubungan dengan lalu lintas terhadap variabilitas waktu tempuh.		berkontribusi lebih banyak pada akhir pekan tetapi lebih rendah selama hari kerja. Di CBD, faktor-faktor ini berkontribusi lebih banyak pada hari kerja tetapi lebih sedikit selama akhir pekan. Sedangkan di ruas jalan raya dan arteri, faktor-faktor ini dapat dilihat sebagai faktor utama tidak hanya pada hari kerja tetapi juga pada akhir pekan.
Emine Yetiskul, Metin Senbil	2012	<i>Public bus transit travel-time variability in Ankara (Turkey)</i>	Menganalisis penyebab variabilitas waktu tempuh dalam sistem angkutan bus umum di kota-kota bermotor yang berkembang pesat, seperti di Ankara, ibu kota Turki.	<i>Standart Deviation Model dan Coefficient of Variation Model</i>	Perbedaan antara pola perkotaan di wilayah yang mempengaruhi variabilitas waktu perjalanan. Wilayah yang paling andal adalah yang dekat dengan pusat kota karena memiliki luas wilayah terkecil, total panjang jalan terpendek dan memiliki jalur khusus bus melintang disepanjang jalan, serta terdapat jalan raya yang dapat diandalkan (paling cepat dan kemacetan rendah, sedikit persimpangan). Wilayah yang tidak dapat diandalkan berupa wilayah dengan karakteristik wilayah seperti adanya kantor publik dan universitas besar, serta kawasan pusat bisnis yang baru didirikan, dan terdapat rumah-rumah

					informal (yaitu, penghuni liar), bersama dengan kawasan pemukiman dengan jalan-jalan sempit dan curam
Sung Hoo Kim , Jin-Hyuk Chung	2018	<i>Exploration on origin–destination-based travel time variability: Insights from Seoul metropolitan area</i>	Menjelaskan variabilitas waktu perjalanan berbasis O/D dan untuk mendapatkan wawasan tentang variabilitas waktu perjalanan dalam konteks Seoul Metropolitan Area (SMA)	<i>Gaussian mixture model (GMM)</i>	Variabilitas berbasis O/D ini berimplikasi pada perencanaan infrastruktur dan sistem angkutan umum. Jalur alternatif dapat menjadi salah satu faktor yang mengurangi variabilitas waktu tempuh berbasis O/D.
Antonio Comi, Agostino Nuzzolo, Stefano Brinchi, Renata Verghini	2017	<i>Bus Travel Time Variability: Some Experimental Evidences</i>	Menganalisis sejauh mana pola waktu tempuh bus dan pola lalu lintas umum serupa dan sejauh mana variabilitas waktu tempuh bus dijelaskan oleh variabilitas kemacetan temporal dan oleh semua variabel lainnya.	<i>Bus travel time series decomposition, Analisis regresi, dan Analisis deskriptif</i>	Metode deret waktu, menunjukkan kemungkinan untuk mengenali pola temporal dan menunjukkan bahwa hari dalam seminggu memiliki efek signifikan pada variabilitas waktu perjalanan dan harus diperhitungkan. Penggunaan deret waktu dan metode regresi dapat digunakan untuk prediksi jangka panjang dan jangka pendek yang mencakup temuan analisis ini (pola temporal yang diharapkan)
Gelareh Ghaderi, Mark Brussel, Frans van den Bosch, Anna Grigolon	2017	<i>Reducing Travel Time in Bus Rapid Transit Through Limited Stop Services, a GIS</i>	Mengevaluasi cara penerapan layanan pemberhentian terbatas untuk TransJakarta dan mengevaluasi pengaruhnya	<i>Spatial proximity method (SPM), and spatial weight method (SWM)</i>	Waktu tempuh di setiap layanan yang diusulkan dimodelkan menggunakan model waktu tempuh bus dengan variabel seperti percepatan, dan tingkat perlambatan, kecepatan

		<i>Based Approach</i>	terhadap waktu tempuh.		maksimum, dan waktu tunggu.
--	--	-----------------------	------------------------	--	-----------------------------

1.8. Kerangka Pikir



1.9. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif adalah pendekatan untuk menguji teori obyektif dengan memeriksa hubungan antar variabel. Variabel-variabel pada metode kuantitatif pada dasarnya dapat diukur, biasanya pada instrumen, sehingga data bernomor dapat dianalisis dengan menggunakan prosedur statistik (Creswell, 2014). Pendekatan kuantitatif pada penelitian ini digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui keterkaitan dan besar pengaruh penggunaan lahan terhadap waktu perjalanan bus di setiap rute yang berbeda pada Trans Jogja.

1.9.1. Teknik Pengumpulan Data

Data sebagai alat yang paling penting digunakan saat melakukan suatu penelitian dan pada bagian akan menjelaskan cara-cara yang akan ditempuh dalam mengumpulkan data secara objektif. Pada penelitian ini memiliki dua teknik pengumpulan data yakni pengumpulan data secara primer dan pengumpulan data secara sekunder. Teknik pengumpulan data primer pada penelitian ini diperoleh dari penelitian lapangan melalui pengamatan langsung pada objek yang akan diteliti baik langsung dari narasumber ataupun dari hasil survei lapangan yang dilakukan peneliti. Pada penelitian ini, pengumpulan data primer yang dilakukan menggunakan teknik observasi lapangan. Sedangkan pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber pertama, dapat berasal dari literatur, artikel, jurnal, dokumen, laporan, dan peraturan yang berkaitan dengan objek penelitian serta survei sekunder situs (*website*) resmi pemerintah. Pada data sekunder, data yang tersedia cenderung sudah diolah sedemikian rupa sehingga data tersebut dapat digunakan secara langsung untuk mendukung penelitian.

Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan selama bulan Februari 2022. Berikut merupakan penjelasan terkait teknik pengumpulan data - data yang digunakan pada penelitian ini:

1. Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan teknik pengumpulan data dan informasi dengan cara mempelajari literatur dan penelitian – penelitian sebelumnya yang memiliki kesamaan tema. Data dan informasi yang didapatkan digunakan sebagai pedoman dalam penentuan variabel dan analisis yang dilakukan dalam penelitian. Kajian literatur yang digunakan pada penelitian ini yaitu terkait faktor variasi waktu tempuh, perhitungan variabilitas waktu tempuh, kaitan waktu tempuh terhadap perbedaan spasial dan perbedaan waktu operasional/temporal.

2. Telaah Dokumen

Telaah dokumen merupakan teknik pengumpulan data sekunder yang bersumber dari dokumen-dokumen yang berkaitan dengan penelitian. Dokumen yang digunakan berasal dari perpustakaan, kantor-kantor pemerintahan, dan instansi atau lembaga yang bersangkutan. Telaah dokumen pada penelitian ini digunakan untuk mendapatkan data-data terkait layanan operasional BRT TransJogja dan hasil evaluasi kinerja TransJogja.

3. Survei Sekunder Situs (*website*) Resmi Pemerintah

Survei sekunder dari *website* resmi pemerintah dimaksudkan untuk memperoleh data terkini yang selalu selalu diperbaharui. Pada penelitian ini, survei sekunder dari *website* resmi pemerintah digunakan untuk memperoleh data jumlah titik pemberhentian, data guna lahan dan rute TransJogja.

4. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan secara langsung terhadap fenomena atau kondisi pada lokasi penelitian. Observasi lapangan yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data lama waktu tempuh bus pada rute 1B, rute 3B, rute 6A dan rute 7 saat *weekdays*, *weekend*, *peak hours*, dan *off-peak hours*. Selain ini juga dilakukan untuk *crosscheck* data guna lahan yang sudah didapatkan sebelumnya dalam *buffer* 500 meter di setiap rute 1B, 3B, 6A, dan 7. Observasi untuk waktu tempuh dilakukan pada pukul 09.00 sampai pukul 12.00 untuk sampel *off-peak hour*, dan pukul 15.00 sampai pukul 18.00 untuk sampel *peak hour* di setiap rute yang diteliti.

1. 9. 2. Data Penelitian

Tabel 1. 2. Tabel Data Penelitian

Sasaran	Variabel	Sub Variabel	Nama Data	Tahun	Jenis Data	Teknik Pengumpulan Data	Sumber
Mengidentifikasi variabel spasial sekitar rute TransJogja	Karakteristik penggunaan lahan	Zona pemanfaatan kawasan (<i>buffer</i> 500m)	Luas perumahan	2021	Sekunder	Telaah Dokumen	Geoportal
			Luas perusahaan komersial, industri, perkantoran	2021	Sekunder	Telaah Dokumen	Geoportal
			Luas institusional/ pendidikan	2021	Sekunder	Telaah Dokumen	Geoportal
			Luas kawasan sosial/budaya	2021	Sekunder	Telaah Dokumen	Geoportal
			Luas Agrikultura	2021	Sekunder	Telaah Dokumen	Geoportal
		Luas Penggunaan lainnya	2021	Sekunder	Telaah Dokumen	Geoportal	
		Variasi Penggunaan Lahan (<i>buffer</i> 500m)	Luas masing-masing penggunaan lahan dalam area tangkapan	2021	Sekunder	Telaah Dokumen	Geoportal
		Luas wilayah	2021	Sekunder	Telaah Dokumen	Geoportal	
	Karakteristik Jalan/Rute	Geometri Jalan	Kelas Jalan	2022	Primer & Sekunder	Observasi & Telaah Dokumen	Survei Lapangan & Data Bappeda
			Lebar Jalan	2022	Primer & Sekunder	Observasi & Telaah Dokumen	Survei Lapangan & Data Bappeda
Panjang Jalan			2022	Primer & Sekunder	Observasi & Telaah Dokumen	Survei Lapangan	

							& Data Bappeda
		Jumlah Halte	Jumlah halte disepanjang koridor	2022	Sekunder	Telaah Dokumen	Aplikasi TransJogja
Mengidentifikasi waktu tempuh berdasarkan perbedaan waktu operasional pada rute TransJogja	Variasi Temporal	Waktu Tempuh Berdasarkan Hari	Waktu tempuh saat <i>weekdays</i>	2022	Sekunder	Telaah Dokumen	PT. AMI & PT. JTT
			Waktu tempuh saat <i>weekend</i>	2022	Sekunder	Telaah Dokumen	PT. AMI & PT. JTT
		Waktu Tempuh Berdasarkan Jam Operasional	Waktu tempuh tidak sibuk (09.00 – 12.00)	2022	Sekunder	Telaah Dokumen	PT. AMI & PT. JTT
			Waktu tempuh sibuk sore (15.00 – 18.00)	2022	Sekunder	Telaah Dokumen	PT. AMI & PT. JTT

1. 9. 3. Teknik Analisis

1. Variabel

Variabel merupakan hal yang menjadi dasar dalam penelitian ini. Dalam penentuan angka pada variabel bebas, terdapat beberapa variabel yang memerlukan perhitungan-perhitungan dengan menggunakan rumus tertentu, seperti:

- Variasi Penggunaan Lahan (*Land Use Mix*)

Land Use Mix menunjukkan tingkat keragaman jenis penggunaan lahan dalam suatu wilayah dan merupakan aspek penting dari Perencanaan Kota dan Tata Ruang. Kebijakan penggunaan lahan campuran dianggap sebagai komponen penting untuk mempromosikan *walkability* di daerah perkotaan (Mavoja et. al., 2018). Pada penelitian ini, *land use mix* digunakan untuk menunjukkan tingkat keragaman jenis penggunaan lahan pada kawasan rute 1B, 3B, 6A, dan 7 TransJogja. Variabel-variabel yang menjadi perhitungan ini meliputi ukuran komposisi penggunaan lahan di sebuah kawasan (persentase luas zona di perumahan, perkantoran, komersial, pendidikan, agrikultura dan penggunaan lahan lainnya). Tingkat variasi penggunaan lahan didapatkan dengan menghitung indeks campuran yang dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi QGIS melalui perhitungan indeks entropi. Indeks entropi berasal dari hukum kekekalan energi, dimana indeks entropi memperlihatkan bagaimana efektivitas dan efisiensi *land use* yang dinilai dari sebaran energi. Akan tetapi, pada penelitian ini terdapat modifikasi metode, dimana perhitungan indeks entropi yang digunakan tidak berkaitan dengan efisiensi energi, namun pengukuran indeks entropi hanya digunakan untuk menilai tingkat *mix use* dari guna lahan *buffer* 500m di masing-masing rute TransJogja. Perhitungan indeks entropi yang hanya digunakan untuk melihat tingkat *mix land use* pada *buffer* 500m TransJogja yaitu:

$$Entropy = - \left(\sum_{j=1}^k P^j \ln P^j \right) / \ln k$$

di mana P_j , adalah persentase setiap jenis penggunaan lahan j di daerah tersebut dan k adalah jumlah total jenis penggunaan lahan.

1. Teknik Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif adalah analisis yang menggambarkan data yang telah didapatkan. Data - data penelitian yang akan diolah menggunakan analisis deskriptif untuk identifikasi total waktu perjalanan BRT TransJogja meliputi data yang berkaitan dengan waktu tempuh, panjang rute, jumlah persimpangan, jumlah halte transit. Analisis deskriptif karakteristik penggunaan lahan di sepanjang rute Trans Jogja juga dilakukan untuk analisis kaitan spasial terhadap variabilitas waktu tempuh. Analisis ini dilakukan untuk memperkuat dugaan kaitan spasial dan perbedaan waktu operasional terhadap variabilitas waktu tempuh BRT TransJogja.

2. Teknik Analisis Variabilitas Waktu Tempuh

Variabilitas waktu tempuh menentukan keandalan waktu tempuh. Semakin tinggi variabilitas, maka waktu tempuh semakin tidak dapat diandalkan dan begitupun sebaliknya. Dua pendekatan yang umum untuk menghitung keandalan waktu tempuh adalah mempertimbangkan lebar distribusi waktu tempuh sebagai indikator ketidakandalan, dan melihat kecondongan distribusi waktu perjalanan (Van Lint & Van Zuylen, 2005; Malone et al., 2014; Low et al., 2020). Dalam penelitian ini, berdasarkan rumus Lomax dan Van Lint dipertimbangkan indeks lebar (*width index*) dan kemiringan (*skew index*) sebagai indikator (tidak) keandalan. Serta dipertimbangkan nilai *Buffer Index* berbasis median yang dapat memberikan perkiraan waktu tambahan yang dibutuhkan oleh para pelancong untuk memastikan kedatangan tepat waktu.

a. *Width Index* / Indeks Lebar

Width Index / indeks lebar memberikan informasi tentang rasio 80% waktu tempuh pengamatan yang berada di sekitar median dan median waktu tempuh. Nilai *Width Index* (λ^{var}) yang besar menyiratkan bahwa rentang waktu perjalanan yang lebih besar berada di sekitar median relatif terhadap median, dan karenanya keandalan waktu perjalanan dapat diklasifikasikan sebagai rendah. Berikut merupakan perhitungan untuk nilai *Width Index*:

$$\lambda^{var} = \frac{X_{90} - X_{10}}{X_{50}}$$

Dimana, X_{90} , X_{50} , X_{10} masing-masing adalah persentil ke-90, ke-50, dan ke-10.

b. *Skew Index* / Indeks Kemiringan

Skew adalah rasio yang dapat ditafsirkan dan diterapkan terlepas dari besarnya absolut waktu tempuh. Dalam hal keandalan, ini sangat relevan, penyimpangan 5 menit dalam perjalanan dua jam tidak akan ditafsirkan sebagai indikasi tidak dapat diandalkan, sementara penundaan lima menit

dalam perjalanan, yang rata-rata memakan waktu lima menit, pasti akan terjadi. *Skew Index*, λ^{skew} (Van Lint & Van Zuylen, 2005) memberikan informasi tentang kemiringan distribusi. Nilai Indeks Skew yang besar menunjukkan bahwa distribusinya sangat miring ke kanan. Berikut perhitungan untuk *skew index*:

$$\lambda^{skew} = \frac{X90 - X50}{X50 - X10}$$

Dimana, X90, X50, X10 masing-masing adalah persentil ke-90, ke-50, dan ke10.

c. *Median based Buffer Index*

Median-based Buffer Index (BI) merupakan pengukuran yang dilakukan untuk analisis keandalan. Median-based BI pada penelitian ini untuk mewakili waktu tambahan yang diperlukan diluar waktu tempuh rata-rata, persentil 50 untuk 95% kedatangan tepat waktu. Nilai BI yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak waktu tambahan diperlukan untuk 95% kedatangan tepat waktu, menunjukkan variabilitas waktu tempuh yang lebih tinggi. Semakin besar nilai BI, maka waktu tambah semakin banyak, artinya variabilitas waktu tempuh lebih tinggi dan waktu tempuh semakin tidak dapat diandalkan. Berikut perhitungan untuk mendapatkan *Median-based Buffer Index*:

$$BIx = \frac{X95 - X50}{X50} = \frac{X95}{X50} - 1$$

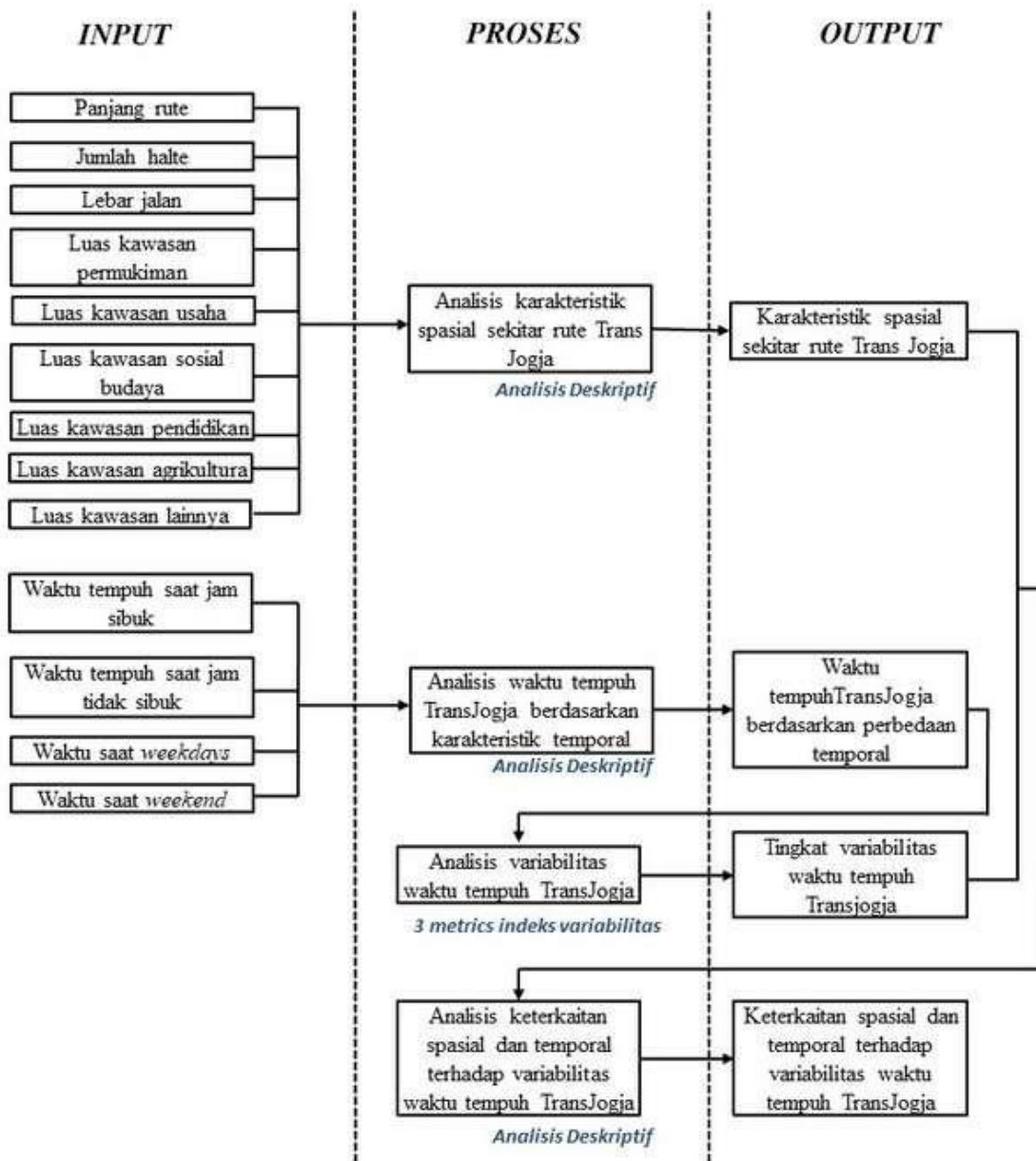
Dimana, BI merupakan *Buffer Index*, sedangkan X₉₅ dan X₅₀ merupakan persentil ke-95 dan persentil ke-50.

Berdasarkan ketiga metriks yang digunakan rumus Lomax dan Van Lint juga menyimpulkan persamaan untuk keandalan waktu tempuh, yaitu:

- Untuk $\lambda^{skew} \approx 1$ dan $\lambda^{var} \leq 0,1$ waktu tempuh dapat diandalkan.
- Untuk $\lambda^{skew} \ll 1$ dan $\lambda^{var} \gg 0,1$ waktu tempuh tidak dapat diandalkan. Semakin besar λ^{var} waktu tempuh yang lebih tidak dapat diandalkan dapat diklasifikasikan.
- Untuk $\lambda^{skew} \gg 1$ dan $\lambda^{var} \geq 0,1$ waktu tempuh bisa andal dan bisa tidak andal. Semakin besar λ^{skew} , waktu perjalanan yang lebih tidak dapat diandalkan dapat diklasifikasikan.

Namun, perlu diperhatikan bahwa untuk validitas atau kalibrasi data pada hasil penelitian ini belum dilakukan, dikarenakan keterbatasan data yang diperoleh saat observasi lapangan. Oleh sebab itu, penelitian ini hanya dengan berindikasikan model dengan pendekatan ketika metriks yang diterapkan oleh Lomax dan Van Lint.

1.9.4. Kerangka Analisis



1.10. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri dari 5 bab utama yaitu pendahuluan, kajian pustaka, analisis, dan penutup yang dirincikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, sasaran penelitian, ruang lingkup wilayah dan materi penelitian, manfaat penelitian, posisi penelitian, keaslian penelitian, kerangka pikir, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai kajian literatur tentang transportasi multimoda sebagai penunjang pergerakan, variabilitas waktu tempuh, dan karakteristik penggunaan lahan yang mempengaruhi kualitas layanan BRT khususnya berkaitan dengan waktu tempuh bus, serta terdapat sintesis literatur.

BAB III GAMBARAN UMUM TRANSJOGJA DAN GUNA LAHAN SEKITAR RUTE TRANSJOGJA

Bab ini berisi mengenai gambaran umum kondisi transportasi multimoda di Yogyakarta dan karakteristik layanan TransJogja, serta penggunaan lahan yang dilewati oleh rute 1B, rute 3B, rute 6A dan rute 7.

BAB IV ANALISIS KETERKAITAN SPASIAL DAN WAKTU OPERASIONAL TERHADAP VARIABILITAS WAKTU TEMPUH TRANSJOGJA

Bab ini menjelaskan mengenai variabel spasial seperti karakteristik guna lahan dan geometri jalan sekitar rute TransJogja, lama waktu tempuh berdasarkan perbedaan waktu operasional, perhitungan variabilitas waktu tempuh TransJogja, keterkaitan spasial dan waktu operasional terhadap variabilitas waktu tempuh TransJogja, dan hasil temuan studi dari penelitian yang dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan terdapat rekomendasi yang ditujukan kepada TransJogja dan peneliti selanjutnya.