

Perancangan Zona Layanan dan Rute Bus Sekolah Kota Payakumbuh Menggunakan Graph Neural Network (GNN)

Rizky Ferdiansyah Habibi Nst¹, Arie Yulfa¹

¹Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang
*Email Koresponden: rizkyferdiansyah064@gmail.com

Diterima: 28-11-2025

Disetujui: 28-12-2025

Publish: 31-12-2025

Abstrak Kota Payakumbuh merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Sumatera Barat, dengan jumlah penduduknya 149.077 jiwa dibutuhkan suatu transportasi umum dalam mobilitas sehari-hari terutama kepada penduduk usia pelajar dikarenakan angkutan umum di kota ini hanya terdiri 21 unit dan hanya melayani satu rute perjalanan saja. Penelitian ini bertujuan untuk membentuk zona layanan, rute, tempat pemberhentian atau halte, dan juga moda transportasi bus yang cocok dengan kondisi geografis Kota Payakumbuh. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Graph Neural Network (GNN)* dengan variabel yang dianalisis yaitu persebaran sekolah, titik kemacetan, titik ketertarikan, dan jaringan jalan. Hasil penelitian menunjukkan dalam menentukan zona layanan dapat dilakukan dengan bentuk penggunaan lahan eksisting Kota Payakumbuh, pembagian zona layanannya menjadi 4 zona layanan yang panjang rute layanannya 93,54 kilometer, halte terdiri 209 unit, dan moda transportasi yang cocok yaitu microbus dengan dua tipe bus dimana estimasi jumlah unitnya yaitu sebanyak 211 unit. Kota Payakumbuh dapat menerapkan transportasi umum terutama bus sekolah tetapi terdapat perhatian khusus terhadap kondisi eksisting jalan dikarenakan lebar jalan di daerah tersebut yaitu 4-7 meter sehingga dalam penerapannya 3 zona layanan dapat menggunakan moda microbus dengan 30 penumpang, dan 1 zona layanan menggunakan moda microbus 20 penumpang.

Kata kunci: Bus Sekolah, *Deep Learning*, *Graph Neural Network (GNN)*, Moda Transportasi

Abstract Payakumbuh City is one of the cities located in West Sumatra Province, with a population of 149,077 people. Public transportation is needed for daily mobility, especially for students, because public transportation in this city only consists of 21 units and only serves one route. This study aims to establish service zones, routes, stops or bus stops, and bus transportation modes that are suitable for the geographical conditions of Payakumbuh City. The method used in this study is *Graph Neural Network (GNN)* with the variables analyzed being the distribution of schools, traffic congestion points, points of interest, and road networks. The results of the study show that service zones can be determined based on the existing land use in Payakumbuh City, dividing the service zones into 4 zones with a total route length of 93.54 kilometers, 209 bus stops, and a suitable mode of transportation, namely microbuses with two types of buses, with an estimated number of 211 units. Payakumbuh City can implement public transportation, particularly school buses, but special attention must be given to the existing road conditions, as the road width in the area is 4-7 meters. Therefore, in its implementation, three service zones can use microbuses with a capacity of 30 passengers, and one service zone can use microbuses with a capacity of 20 passengers.

Keywords: School Bus, *Deep Learning*, *Graph Neural Network (GNN)*, Transportation Mode

1. PENDAHULUAN

Kota Payakumbuh merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Sumatera Barat, dan merupakan kota yang terbentuk dari perpisahan Kabupaten Lima Puluh Kota. Berdasarkan klasifikasi kota menurut jumlah penduduk, Kota Payakumbuh itu termasuk ke dalam Kota Sedang karena jumlah penduduk Kota Payakumbuh adalah 149.077 jiwa pada tahun 2024. Berdasarkan tingkat usianya penduduk Kota Payakumbuh yaitu Umur Muda (0-14 tahun) sebanyak 37.330 jiwa, Umur Produktif (15-64 tahun) sebanyak 101.108 jiwa, Umur Tua (>65 tahun) sebanyak 10.639 jiwa (Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Payakumbuh, 2024)

Jumlah populasi penduduk Kota Payakumbuh yang segitu banyak tidak luput akan kebutuhan transportasi. Pada setiap 2 bulan terjadi peningkatan jumlah kendaraan pribadi sebanyak kurang lebih 1500 unit, dan jika dilihat kepemilikan mobil pribadi sekitar 500 unit peningkatannya dan untuk sepeda motor yaitu dapat mencapai sekitar 1000 unit (Samsat Sumatera Barat, 2024). Peningkatan ini timbul dikarenakan salah satu penyebabnya yaitu jumlah pelajar yang membutuhkan kendaraan untuk ke sekolah. Hasil survey menyebutkan bahwa sekitar 75% sampai dengan 80% siswa mengendarai sendiri

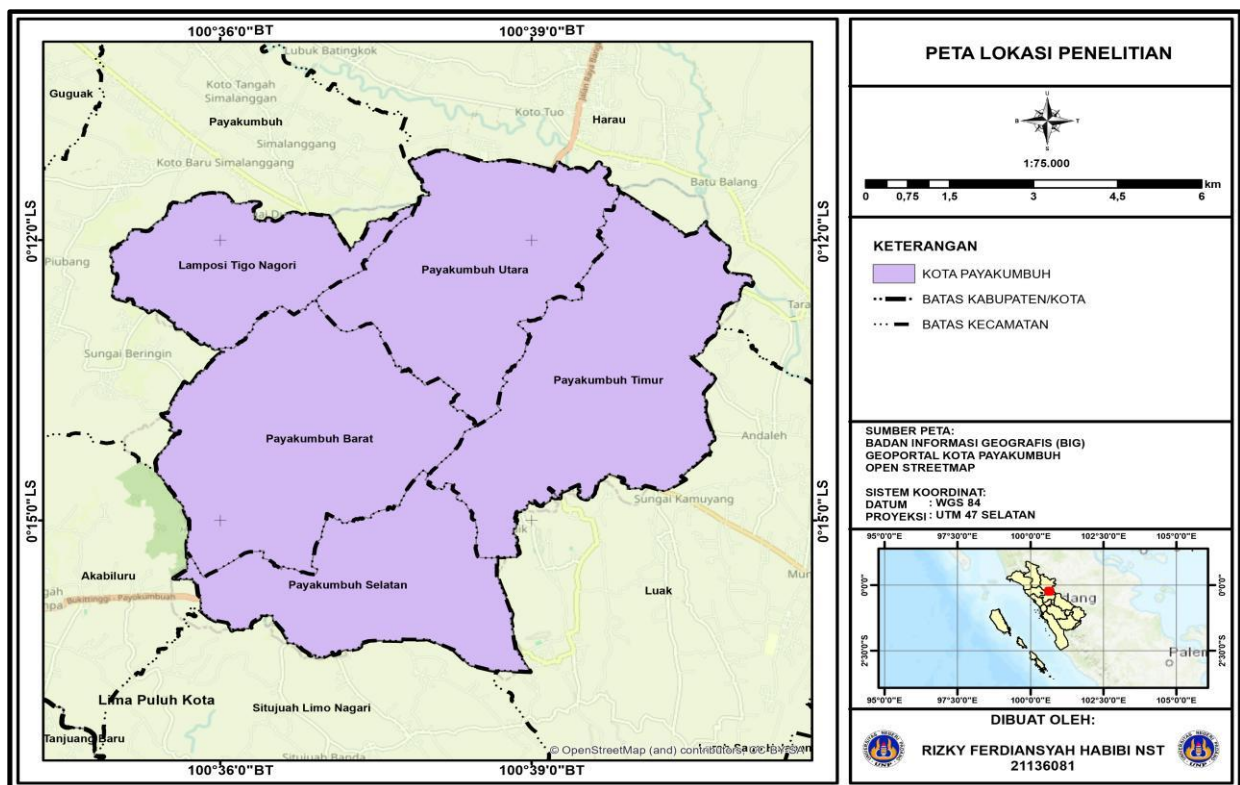
kendaraan sepeda motor dari rumahnya ke sekolah, baik SMA, SMK, dan MA (Dinas Perhubungan Kota Payakumbuh, 2023).

Angka kecelakaan di wilayah Kota Payakumbuh pada tahun 2021 hingga 2023 sebanyak 330 kasus dan korbannya dari kalangan pelajar yaitu sebanyak 170 orang atau sekitar 51,52% (Polisi Resort Kota payakumbuh, 2023). Hal ini terjadi karena tidak adanya moda transportasi umum di kota ini, pada tahun 2025 hanya ada 21 unit Angkutan Kota yang tersedia dan hanya melayani satu rute perjalanan yaitu dari pusat kota menuju perbatasan Kota Payakumbuh dengan Kabupaten Limah Puluh Kota di perbatasan bagian Barat, dan dari semua unit Angkutan Kota yang tersedia tidak semuanya beroperasi setiap harinya dikarenakan kondisinya sudah berumur tua (Dinas Perhubungan Kota Payakumbuh, 2025). Oleh karena itu salah satu cara untuk mengatasi fenomena ini diperlukan pembentukan moda transportasi umum yang mengutamakan keselamatan dan kenyamanan. Dengan kondisi tersebut, salah satu jenis model transportasi umum yang dapat diterapkan yaitu bus berbasis sekolah dengan optimal.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi objek pada penelitian ini yaitu Kota Payakumbuh yang dimana secara geografis berada di Provinsi Sumatera Barat dan juga berada di tengah Kabupaten Lima Puluh Kota. Secara astronomis lokasi Kota Payakumbuh yaitu $0^{\circ}8'-0^{\circ}15'$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}20'-100^{\circ}40'$ Bujur Timur.



Gambar 1. Peta lokasi Penelitian

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Graph Neural Network (GNN)*. GNN merupakan sebuah keluarga baru dari jaringan saraf (*Neural Networks*) yang dirancang secara khusus untuk menganalisis data yang secara alami terstruktur dalam bentuk graf (Rahmi et al., 2023). Pada penelitian ini variabel yang digunakan yaitu sekolah sebagai *node*, jalan sebagai *edge*, titik kemacetan sebagai hambatan atau *barrier edge*, dan titik pusat kota sebagai titik tertarik (POI) sebagai *node* tambahan. Dalam analisis data terdiri dari beberapa tahapan-tahapan yaitu sebagai berikut:

1) Analisis Zonasi Layanan

Pembentukan zona layanan dalam penelitian ini menggunakan prinsip homogenitas yang dimana dalam penelitian ini menggunakan sekolah sebagai penentuan zona layanan ini dengan indikator tertentu pada sekolah untuk membentuk homogenitas dalam pembentukan zona layanannya. Adapun rumus untuk penentuan zona layanannya yaitu menggunakan rumus perbandingan sebagai berikut:

$$Zona\ Layanan = \frac{Jumlah\ Sekolah}{Interval\ Zona\ Layanan} \quad (1)$$

2) Aksesibilitas Jalan

Pada penelitian ini dalam menentukan jalan yang dapat dijadikan jalur atau rute untuk transportasi bus sekolah yang direncanakan yaitu jalan yang mempunyai lebar ruas jalan $\geq 5,5$ meter (PUPR, 2024).

3) Tempat Pemberhentian atau Halte

Analisis penentuan tempat pemberhentian sementara atau halte yaitu mengikuti Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat Nomor 271/HK.105/DRJ/96 Tentang Pedoman Teknis Perencanaan Tempat Perhentian Kendaraan Penumpang Umum, adapun ketentuannya yaitu:

Tabel 1. Jarak Halte

Zona	Tata Guna Lahan	Lokasi	JarakTempat Henti (m)
1	Pusat kegiatan sangat padat: pasar, pertokoan	CBD, Kota	200 -- 300
2	Padat : perkantoran, sekolah, jasa	Kota	300 -- 400
3	Permukiman	Kota	300 -- 400
4	Campuran padat : perumahan, sekolah, jasa	Pinggiran	300 -- 500
5	Campuran jarang : perumahan, ladang, sawah, tanah kosong	Pinggiran	500 -- 1000

4) Moda Transportasi

Dalam menentukan moda transportasi yaitu kendaraan yang mempunyai lebar ≤ 2 meter dan dapat membawa penumpang dengan jumlah minimal 10 orang. Sedangkan untuk estimasi jumlah unit bus yaitu menggunakan variabel sekolah dengan jumlah siswa yang paling banyak dari masing-masing zona layanan yang sudah dibentuk atau sekolah prioritas, adapun rumus untuk menentukan rumus sekolah prioritas yaitu:

$$\text{Prioritas} = \frac{\text{Jumlah Siswa Terbanyak} - \text{Jumlah Siswa Terendah}}{\text{Jumlah Interval Prioritas}} \quad (2)$$

Dan untuk estimasi jarak kedatangan antara bus dari masing-masing zona layanan yaitu dengan rentang kedatangan sama dengan waktu tempuh pulang dan pergi (RTT) dibagi dengan jumlah unit angkutan (Sumarno & Annisa, 2008). Adapun rumus tersebut dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Rentang Kedatangan} = \frac{\text{RTT}}{\text{Jumlah Unit Angkutan}} \quad (3)$$

Keterangan:

$$\text{RTT} = \frac{(\text{Panjang Rute} \times 2)}{\text{Kecepatan Rata-Rata}} \times 60 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah Unit Angkutan} = \frac{\text{Jumlah Unit Bus}}{2}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Zona Layanan

Dalam menganalisis zona layanan mengikuti kondisi geografis Kota Payakumbuh yang dimana wilayah kota ini dapat dibagi menjadi 4 bagian dikarenakan terpotong dengan jalan arteri sehingga untuk zona layanannya yaitu, zona layanan Tenggara, zona layanan Barat Daya, zona layanan Barat Laut, dan juga zona layanan Timur Laut. Kemudian dari masing-masing zona tersebut di analisis sekolah yang menerapkan sistem asrama atau *Boarding School* dan juga sekolah yang tidak berasrama, kemudian sekolah yang berasrama dieliminasi dikarenakan tidak memerlukan transportasi untuk kegiatan sehari-harinya. Hal ini sesuai dengan teori zona analisis lalu lintas, yaitu merupakan unit spasial dasar yang digunakan dalam pemodelan transportasi, mewakili area yang relatif homogen dalam hal penggunaan lahan, populasi, dan karakteristik sosio-ekonomi, yang menghasilkan dan menarik permintaan perjalanan (Ortuzar & Willumsen, 2011). Setelah melakukan seleksi sekolah maka dihasilkan bahwa terdapat 41 unit sekolah yang dapat dijadikan sebagai sekolah masuk zona layanan, yang terdiri dari Sekolah Menengah Pertama (SMP), Madrasah Tsanawiyah (MTs), Madrasah Aliyah (MA), Sekolah Menengah Atas (SMA), Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), dan juga Sekolah Luar Biasa (SLB). Adapun Rincian dari masing-masing tingkatan sekolah tersebut yaitu :

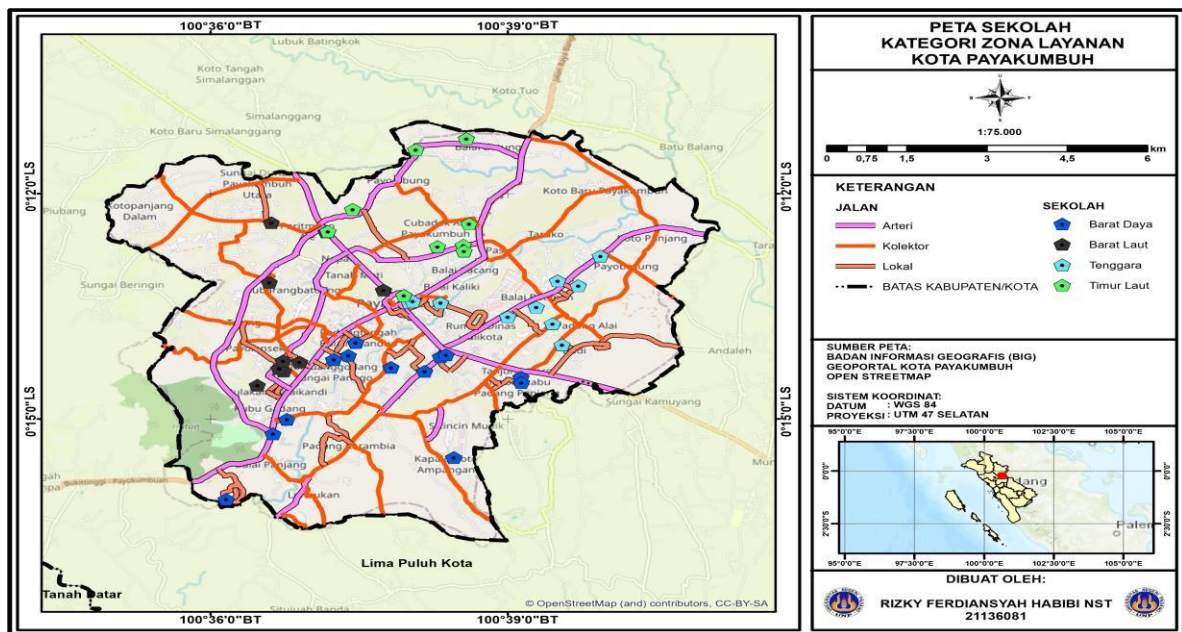
Tabel 2. Sekolah Masuk Zona Layanan

Jenjang Sekolah	Jumlah Unit
Sekolah Menengah Pertama (SMP)	14
Sekolah Menengah Atas (SMA)	8
Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)	7
Madrasah Tsanawiyah (MTs)	2
Madrasah Aliyah (MA)	3
Sekolah Luar Biasa (SLB)	7

Untuk jumlah Sekolah berdasarkan zona layanannya yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Pembagian Sekolah Berdasarkan Zona Layanan

Zona Layanan	Jumlah
Tenggara	10
Barat Daya	13
Barat Laut	9
Timur Laut	9



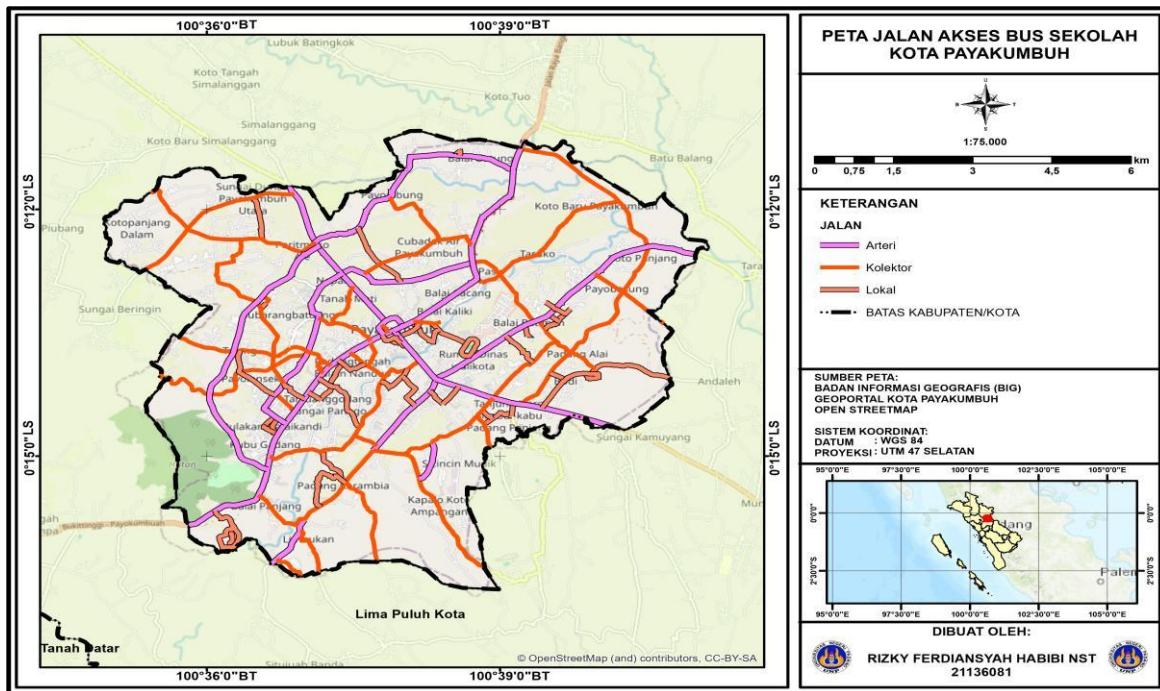
Gambar 2. Peta Sekolah Kategori Zona Layanan Kota Payakumbuh

3.2 Aksesibilitas Jalan

Dalam analisis aksesibilitas rute, syarat jalan yang dapat diakses yaitu memiliki syarat ruas jalan $\geq 5,5$ meter, hal ini sesuai dengan kondisi lebar ruas jalan di Kota Payakumbuh yaitu 4-7 meter. Ketika dilakukan analisis, total panjang ruas jalan yang dapat diakses dan dijadikan rute untuk bus sekolah yaitu sekitar 159,81 kilometer, jika diklasifikasikan berdasarkan status jalannya yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. Panjang Jalan Akses Untuk Rute Bus Sekolah

Status Jalan	Panjang (Kilometer)
Arteri	58,95
Kolektor	73,24
Lokal	28,24



Gambar 3. Peta Jalan Yang Dapat Diakses Bus Sekolah Kota Payakumbuh

3.3 Pembentukan Rute Layanan

Pembentukan rute layanan bus sekolah di Kota Payakumbuh menggunakan beberapa indikator dalam pembentukannya, yaitu dijelaskan sebagai berikut:

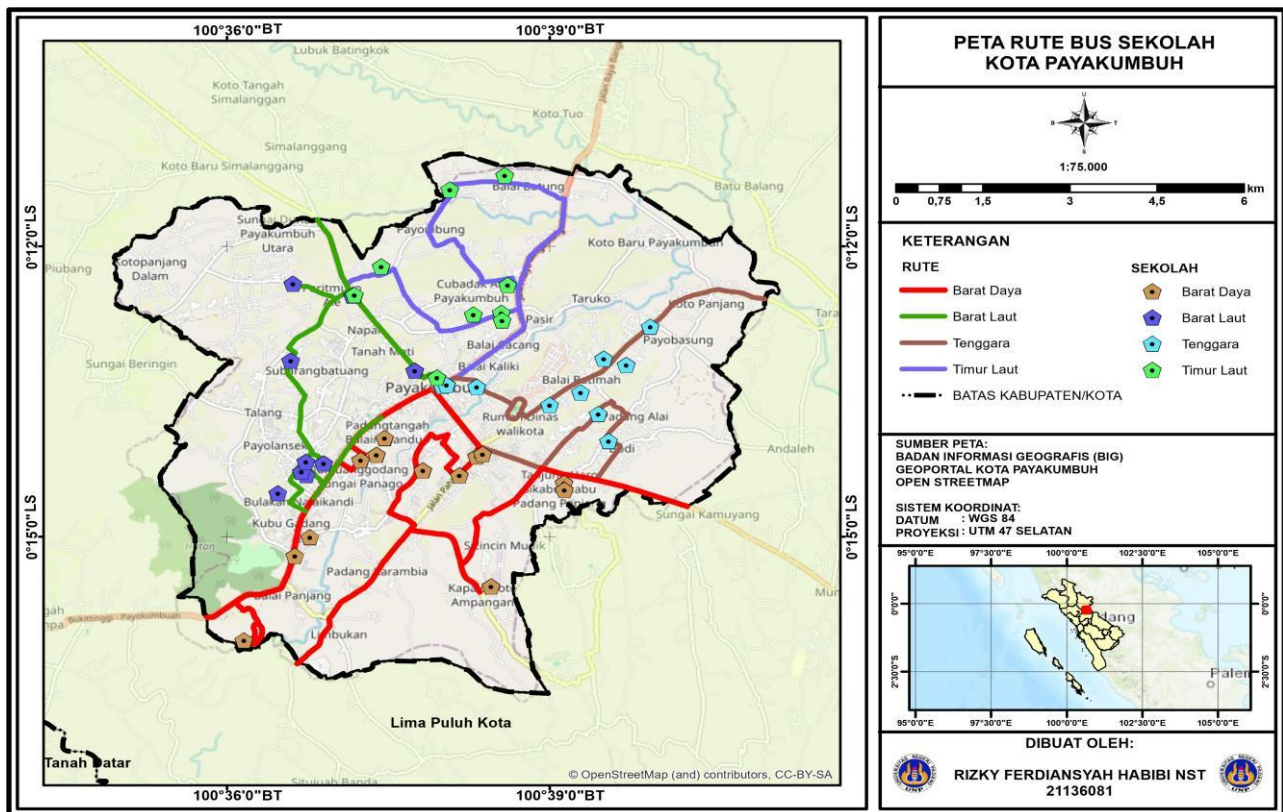
- 1) Sebaran sekolah sudah terzonasi, yaitu berfungsi sebagai objek atau *node* penentu dalam membentuk jaringan layanan.
- 2) Jalan yang dapat diakses, yaitu berfungsi sebagai dasar dalam pemilihan rute atau *edge* mana yang dapat diakses dari setiap objek atau *node*, dan juga menentukan rute mana yang tercepat dalam menjangkau setiap *node*.
- 3) Barrier, yaitu suatu hambatan yang digunakan untuk menjadi penghalang sehingga rute yang bisa diakses akan di proses kembali untuk menentukan rute tercepat dan juga tidak ada penghalang untuk mengaksesnya. Untuk pembentukan rute layanan bus sekolah di Kota Payakumbuh berupa titik kemacetan dan dikategorikan sebagai *barrier edge*. Titik kemacetan di Kota Payakumbuh yaitu berada di jalan Soekarno-Hatta tepatnya di dekat SPBU Parik Rantang, dan di jalan Ade Irma Suryani.
- 4) *Point of Interest (POI)* atau titik tertarik, yaitu merupakan titik perhatian pusat dari *edge* yang dimana penerapannya berfungsi agar setiap rute zona layanan bus sekolah dapat terintegrasikan satu sama lain. POI juga dalam *Graph Neural Network (GNN)* dikategorikan sebagai *node* tambahan. Titik tertarik yang digunakan adalah pusat Kota Payakumbuh.

Analisis *Graph Neural Network (GNN)* menunjukkan bahwa rute dengan zona layanan dapat terhubung tetapi terdapat beberapa sekolah yang tidak dapat diakses rute secara langsung yaitu seperti di zona Tenggara ada 5 sekolah, zona Barat Daya ada 6 sekolah, zona Barat Laut 3 sekolah, dan zona Timur Laut ada 5 sekolah. Sehingga diberlakukan jangkauan jarak sekolah atau *node* dengan rute akses terdekat yaitu berjarak maksimal 400 meter dari sekolah. Hal ini karena jarak tempuh perjalanan kaki maksimal adalah 500 meter sedangkan yang terpendek adalah 300 meter (ITDP Indonesia, 2020). Rute transportasi yang dapat diterima (*acceptable public transportation*) yaitu jika dapat menjangkau sampai 400 meter atau 5 menit dengan berjalan kaki (Kundani & Basuki, 2020). Untuk sekolah yang jaraknya paling jauh dari rute bus sekolah terdekat yaitu SMP Negeri 5 Kota Payakumbuh dengan jarak 330 meter.

Analisis menunjukkan bahwa setiap rute antara zona layanan saling terintegrasi, ini dirancang agar setiap zona layanan saling terhubung sehingga apabila semisal penumpang masuk zona Tenggara yang bersekolah di Barat Daya dapat menggunakan bus sekolah. Penyelenggaraan transportasi umum atau angkutan massal memenuhi standar pelayanan minimal seperti keterjangkauan, kemudian yang dimaksud keterjangkauan adalah kemudahan perpindahan penumpang antar koridor dan ketersediaan integrasi jaringan trayek pengumpan (Peraturan Menteri Perhubungan, 2012). Dalam membentuk sistem jaringan rute, terdapat titik-titik dimana akan terjadi pertemuan dua rute atau lebih yang dimaksudkan untuk pergantian rute, karena pada kenyataannya seorang penumpang tidak selamanya dapat menggunakan hanya satu rute untuk perjalanan dari tempat asal ke tempat tujuan (Hendri Wijaya et al., 2021). Kemudian rute bus sekolah Kota Payakumbuh memiliki panjang 93,54 kilometer, yang dimana rute terpendek berada di zona layanan Barat Laut yaitu dengan panjang 15,36 kilometer sedangkan rute terpanjang adalah zona Barat Daya yaitu 31,33 kilometer. Adapun panjang rute pada setiap zona layanan diuraikan sebagai berikut :

Tabel 5. Panjang Rute Zona Layanan

Zona Layanan	Panjang (Kilometer)
Tenggara	20,3
Barat Daya	31,33
Barat Laut	15,36
Timur Laut	26,54



Gambar 4. Peta Rure Layanan Bus Sekolah Kota Payakumbuh

3.4 Pembentukan Tempat Pemberhentian atau Halte

Berdasarkan pedoman Direktur Jendral Perhubungan Darat Nomor 271/HK.105/DRJ/96 Tentang Pedoman Teknis Perencanaan Tempat Perhentian Kendaraan Penumpang Umum, maka jumlah halte bus sekolah di Kota Payakumbuh yaitu berjumlah 209 unit yang dimana tersebar di seluruh rute layanan di semua zona layanan. Adapun jumlah halte setiap zona layanan diuraikan sebagai berikut:

Tabel 6. Jumlah Halte Masing-Masing Zona Layanan

Zona Layanan	Jumlah Halte (Unit)
Tenggara	40
Barat Daya	92
Barat Laut	38
Timur Laut	39

3.5 Penentuan Moda Transportasi

Dalam memprediksi jumlah unit bus setiap zona layanan, maka sekolah yang termasuk prioritas tinggi menjadi patokan dalam penentuannya, jika pada satu zona layanan memiliki beberapa sekolah yang termasuk prioritas tinggi maka sekolah yang memiliki jumlah siswa tertinggi yang dijadikan dalam prediksi jumlah unitnya. Pada zona Tenggara SMA Negeri 1 Payakumbuh menjadi dasar dalam prediksi dengan jumlah siswa 1.325 jiwa, untuk zona Barat Daya yaitu SMA Negeri 2 Payakumbuh

yang jumlah siswanya 1.321 jiwa, zona Barat Laut yaitu SMK Negeri 2 Payakumbuh dengan jumlah 1.758 jiwa, dan untuk zona Timur Laut SMA Negeri 3 Payakumbuh yang menjadi dasarnya dengan jumlah 1.256 jiwa. Berdasarkan kondisi fisik jalan yang mempunyai lebar 4-7 meter dan jika dilihat dari semua zona layanannya, zona Barat Daya merupakan zona dengan rute yang mempunyai lebar jalan yang lebih pendek sehingga untuk moda bus sekolah Kota Payakumbuh yang cocok adalah microbus. Untuk jenis microbusnya terbagi menjadi dua yaitu microbus yang memiliki jumlah penumpang 20 orang digunakan zona Barat Daya dikarenakan lebar rutenya terlalu pendek dan yang mempunyai penumpang 30 orang diperuntukkan pada zona layanan lainnya. Jenis micobus yang digunakan untuk zona Barat Daya yaitu Neo Grand Tour yang dimana mempunyai spesifikasi panjang 6,45 meter, lebar 1,75 meter, dan tingginya 1,98 meter. Untuk jenis microbus zona layanan lainnya yaitu microbus Mitshubishi Fuso Rosa yaitu memiliki panjang 6,99 meter, lebar 2 meter, dan tinggi 2,63 meter yang dimana memiliki kapasitas penumpang hingga 30 orang. Setelah moda bus sekolah sudah diketahui maka untuk prediksi jumlah unit bus pada setiap zona layanan yaitu sebagai berikut:

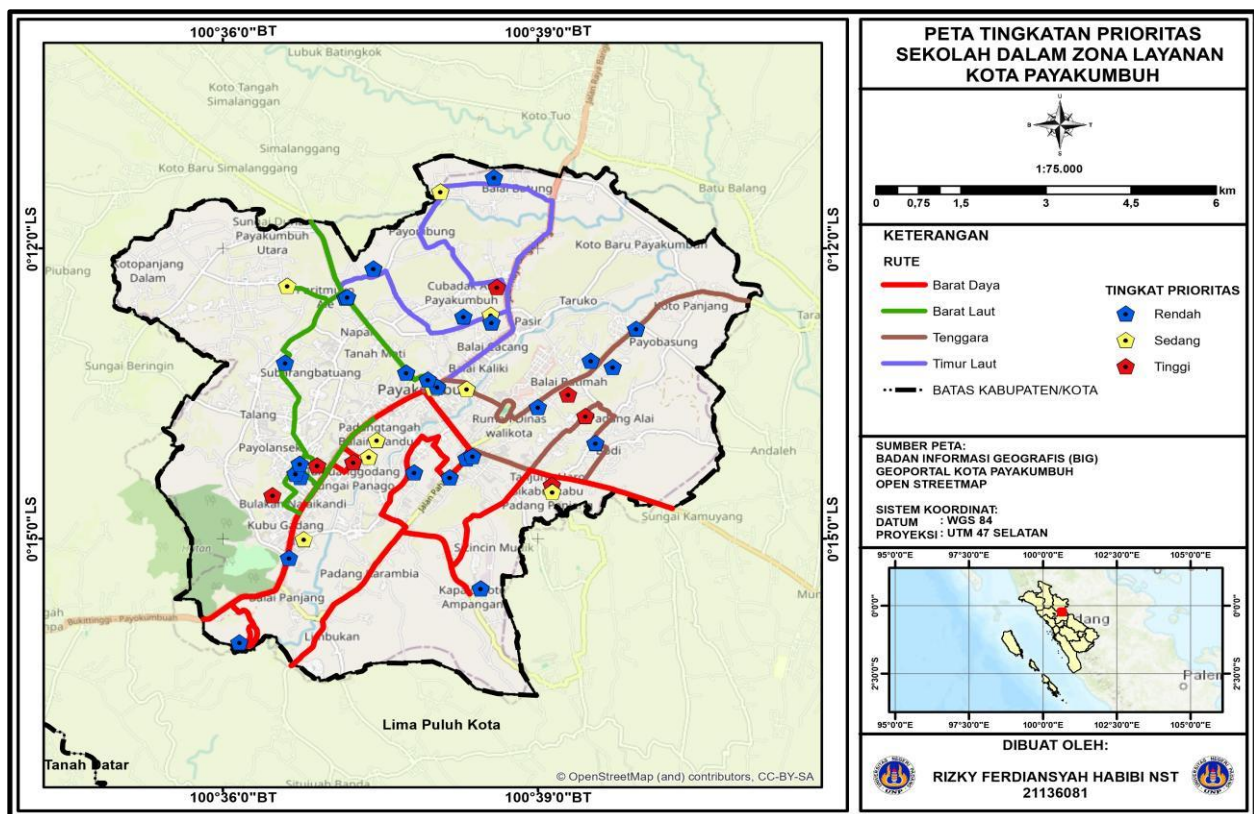
Tabel 7. Jumlah Prediksi Angkutan Bus Sekolah

Zona Layanan	Jumlah Unit Bus
Tenggara	44
Barat Daya	66
Barat Laut	59
Timur Laut	42
Total	211

Sedangkan untuk hasil perhitungan estimasi rentang waktu kedatangan antara bus sekolah di Kota Payakumbuh yaitu:

Tabel 8. Estimasi Rentang Waktu Kedatangan Bus Sekolah

Zona Layanan	Estimasi Rentang Kedatangan (Menit)
Tenggara	2,2
Barat Daya	2,3
Barat Laut	1,2
Timur Laut	3



Gambar 5. Peta Tingkat Prioritas Sekolah Zona Layanan Kota Payakumbuh

4. KESIMPULAN

Pembentukan zona layanan bus sekolah mengikuti kondisi geografis Kota Payakumbuh yang dimana wilayah kota ini dapat dibagi menjadi 4 bagian dikarenakan terpotong dengan jalan arteri sehingga untuk zona layanannya yaitu, zona layanan Tenggara, zona layanan Barat Daya, zona layanan Barat Laut, dan juga zona layanan Timur Laut. Kemudian dari masing-masing zona tersebut di analisis sekolah yang menerapkan sistem asrama atau *Boarding School* dan juga sekolah yang tidak berasrama, kemudian sekolah yang berasrama dieliminasi dikarenakan tidak memerlukan transportasi untuk kegiatan sehari-harinya sehingga hanya 41 unit sekolah yang masuk kategori dari jenjang sekolah menengah pertama sederajat dan sekolah menengah atas sederajat. Kemudian untuk panjang rute dan halte pada masing-masing zona layanan yaitu, untuk zona layanan Tenggara memiliki panjang 20,3 kilometer memiliki halte sebanyak 40 unit, panjang rute zona layanan Barat Daya 31,33 kilometer memiliki halte sebanyak 92 unit, zona layanan Barat Laut memiliki panjang 15,36 kilometer memiliki 38 unit halte, dan untuk zona layanan Timur Laut mempunyai 26,54 kilometer memiliki 39 unit halte.

Kondisi lebar jalan Kota Payakumbuh yang memiliki lebar 4-7 meter menyebabkan untuk moda bus sekolah yang cocok yaitu jenis microbus dan terbagi dua lagi dikarenakan zona layanan Barat Daya memiliki lebar jalan yang sempit dibandingkan zona layanan lainnya. Sehingga untuk zona layanan Barat Daya menggunakan microbus dengan jumlah 20 orang penumpang dan juga disarankan bus Neo Grand Tour yang dimana mempunyai spesifikasi panjang 6,45 meter, lebar 1,75 meter, dan tingginya 1,98 meter sedangkan jenis microbus zona layanan lainnya yaitu microbus Mitsubishi Fuso Rosa yang memiliki panjang 6,99 meter, lebar 2 meter, dan tinggi 2,63 meter yang dimana memiliki kapasitas penumpang hingga 30 orang. Dengan moda bus sekolah dan panjang rute tersebut dapat ditentukan estimasi jumlah unit bus yang dibutuhkan pada setiap zona layanan dan estimasi jarak kedatangan antara satu bus dengan lainnya, yang dimana zona layanan Tenggara jumlah bus 44 unit dengan estimasi jarak antara bus 2,2 menit, zona layanan Barat Daya jumlah untuk busnya 66 unit dengan estimasi jarak antara bus 2,3 menit, zona layanan Barat Laut estimasi bus 59 unit dengan estimasi jarak antara bus 1,2 menit, dan untuk zona layanan Timur Laut estimasi jumlah busnya yaitu 42 unit dengan perkiraan waktu jarak antara bus yaitu 3 menit. Untuk keberlanjutan program bus

sekolah ini dapat berpeluang dalam jangka panjang dikarenakan sistem penerimaan siswa baru zonasi sudah digantikan dengan sistem domisili yang dimana lebih fleksibel dan jaraknya lebih jauh sehingga memberikan peluang program ini untuk berkelanjutan dan juga jika dilihat dari tren jumlah siswa dari tahun 2020 sampai dengan 2025 menunjukkan penurunan siswa dari tahun 2023 sampai 2025 hanya sekitar 6,27% dan tidak mempengaruhi signifikan dalam keberlanjutan program bus sekolah di Kota Payakumbuh.

5. REFERENSI

- Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Payakumbuh. (2024). Buku agregat kependudukan Kota Payakumbuh tahun 2024. Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Payakumbuh.
- Dinas Perhubungan Kota Payakumbuh. (2023). Hasil survei kebutuhan dan penggunaan kendaraan pelajar ke sekolah di Kota Payakumbuh. Dinas Perhubungan Kota Payakumbuh.
- Dinas Perhubungan Kota Payakumbuh. (2025). Data operasional angkutan kota Kota Payakumbuh tahun 2025. Dinas Perhubungan Kota Payakumbuh.
- Institute for Transportation and Development Policy. (2020). Visi nasional fasilitas transportasi tidak bermotor. ITDP Indonesia.
- Kepolisian Resor Kota Payakumbuh. (2023). Data kecelakaan lalu lintas Kota Payakumbuh tahun 2021–2023. Kepolisian Resor Kota Payakumbuh.
- Mahyuddin, Shalihah, F. F., Alimin, R. J., Kaharu, A., Sarif, Basri, M. S., Umam, K., Fatmawaty, R., Azizah, N., Pratama, A., Mardhotillah, B., Kadir, Y., Hasnawi, M., Erdawaty, & Hajerah. (2025). Perencanaan dan pemodelan transportasi. Yayasan Kita Menulis.
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2024). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2024 tentang kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan serta kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2012). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 10 Tahun 2012 tentang standar pelayanan minimal angkutan massal berbasis jalan.
- Pedoman Teknis: Perekayasaan Tempat Perhentian Kendaraan Penumpang Umum, Pub. L. No. 271/HK.105/DRJD/96 (1996).
- Rahmani, S., Baghbani, A., Bouguila, N., & Patterson, Z. (2023). Graph neural networks for intelligent transportation systems: A survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(8), 8846–8885.
- Samsat Sumatera Barat. (2024). Data pertumbuhan kendaraan bermotor Provinsi Sumatera Barat tahun 2024. <http://rc.korlantas.polri.go.id:8900/eri2017/laprekappolres.php>
- Sumarno, & Annisa, N. (2008). Analisis kinerja operasional Transjakarta Busway dalam upaya peningkatan pelayanan (Studi kasus: Koridor I). *Jurnal Logistik D III Transportasi UNJ*, 1(1), 38–50.
- Wijaya, H., Feliyanti, S., Magdalena, L., & Ilyasa, R. (2021). Perancangan sistem informasi rute bus rapid transit (BRT) di Kota Cirebon berbasis website (Studi kasus: PT. Bima Inti Global). *Jurnal Digit*, 11(2), 200–211.