



TESIS - TI 235401

**PERENCANAAN RUTE, KEBUTUHAN ARMADA,
DAN BIAYA *FEEDER* BUS LISTRIK DI KAWASAN
PARIWISATA KUTA SEBAGAI INTEGRASI
TRANSPORTASI UMUM LRT DI BALI**

**KAVIN BIRIDHO AL HAQ
6010221032**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T.**

**Departemen Teknik Sistem Dan Industri
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2024**



TESIS - TI 235401

**PERENCANAAN RUTE, KEBUTUHAN ARMADA,
DAN BIAYA *FEEDER* BUS LISTRIK DI KAWASAN
PARIWISATA KUTA SEBAGAI INTEGRASI
TRANSPORTASI UMUM LRT DI BALI**

**KAVIN BIRIDHO AL HAQ
6010221032**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T.**

**Departemen Teknik Sistem Dan Industri
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2024**



THESIS - TI 235401

**ROUTE, FLEET, AND FARE PLANNING FOR
ELECTRIC FEEDER BUSES IN THE KUTA
TOURISM AREA FOR INTEGRATION WITH LRT
PUBLIC TRANSPORTATION IN BALI**

**KAVIN BIRIDHO AL HAQ
6010221032**

Supervisor
Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T.

Department of Industrial and Systems Engineering
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2024

LEMBAR PENGESAHAN THESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

KAVIN BIRIDHO AL HAQ

NRP: 6010221032

Tanggal Ujian: 15 Juli 2024

Periode Wisuda: September 2024

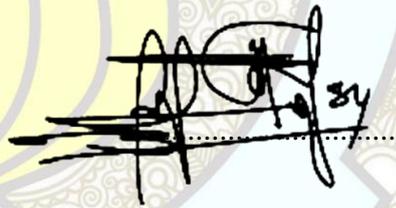
Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T.
NIP: 196802181993031002



Penguji:

1. Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.
NIP: 196310081990021001



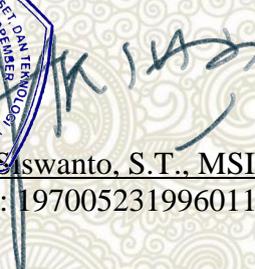
2. Dyah Santhi Dewi, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP: 197208251998022001



Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



Nurhadi Saswanto, S.T., MSIE., Ph.D.
NIP: 197005231996011001



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kavin Biridho Al Haq
NRP : 6010221032
Program Studi : Magister Teknik Industri
Konsentrasi : Manajemen Rekayasa

Menyatakan bahwa tesis dengan judul

“PERENCANAAN RUTE, KEBUTUHAN ARMADA, DAN BIAYA FEEDER BUS LISTRIK DI KAWASAN PARIWISATA KUTA SEBAGAI INTEGRASI TRANSPORTASI UMUM LRT DI BALI”

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan materi yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap dalam daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2024
Yang membuat pernyataan



Kavin Biridho Al Haq
NRP 6010221032

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PERENCANAAN RUTE, KEBUTUHAN ARMADA, DAN
BIAYA *FEEDER* BUS LISTRIK DI KAWASAN PARIWISATA
KUTA SEBAGAI INTEGRASI TRANSPORTASI UMUM LRT
DI BALI**

Nama Mahasiswa : Kavin Biridho Al Haq
NRP : 6010221032
Pembimbing : Dr. Ir. I Ketut Gunarta, MT.

ABSTRAK

Bali merupakan daerah yang memiliki sektor utama pariwisata. Dinas Pariwisata Provinsi Bali menyatakan bahwa jumlah wisatawan yang berkunjung ke Bali per hari pada tahun 2023 sebanyak 55.000 wisatawan dan data tersebut naik setiap tahunnya. Peningkatan ini menyebabkan beberapa permasalahan, terutama tingkat kemacetan yang tinggi. Pemerintah Provinsi Bali merencanakan pembangunan LRT yang dimulai pada tahun 2024 dengan tahap pertama pembangunan di kawasan pariwisata Kuta. Integrasi transportasi diperlukan untuk menunjang transportasi LRT, salah satunya dengan feeder. Transportasi *feeder* merupakan transportasi umum lanjutan dari transportasi umum utama untuk menjangkau lokasi-lokasi yang tidak dapat dicapai oleh transportasi umum utama. Pemilihan bus listrik sebagai transportasi *feeder* dikarenakan bus listrik memiliki tingkat efisiensi tinggi, mengurangi emisi gas, dan mendorong mobilitas berkelanjutan. Namun perlu diperhatikan bahwa bus listrik membutuhkan waktu untuk pengisian daya daripada bus berbahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan transportasi umum *feeder* bus listrik di kawasan pariwisata Kuta Bali, yaitu rute, jumlah armada, dan biaya yang dikenakan bagi penumpang dengan menggunakan analisis spasial dan biaya operasional. Hasil penelitian menunjukkan terdapat lima rute *feeder* bus listrik dengan kebutuhan armada sebanyak 32 bus listrik. Biaya yang dikenakan pada penumpang setiap satu kali perjalanan untuk semua rute yaitu sebesar Rp 9.004,86.

Kata Kunci: kawasan pariwisata kuta, kemacetan, transportasi *feeder*, bus listrik, analisis spasial, biaya operasional

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ROUTE, FLEET, AND FARE PLANNING FOR ELECTRIC FEEDER BUSES IN THE KUTA TOURISM AREA FOR INTEGRATION WITH LRT PUBLIC TRANSPORTATION IN BALI

Name : Kavin Biridho Al Haq
NRP : 6010221032
Supervisor : Dr. Ir. I Ketut Gunarta, MT.

ABSTRACT

Bali is an area with a major tourism sector. The Bali Provincial Tourism Office stated that the number of tourists visiting Bali per day in 2023 would be 55,000, which is expected to increase annually. This increase causes several problems, especially high congestion levels. The Bali Provincial Government plans to build the LRT starting in 2024, with the first phase of construction being done in the Kuta tourism area. Transportation integration is needed to support LRT transportation, one of which is with feeders. Feeder transportation is a continuation of public transportation to reach locations that cannot be reached by main public transportation. The choice of electric busses as feeder transportation is because electric busses have a high level of efficiency, reduce gas emissions, and encourage sustainable mobility. However, it should be noted that electric busses require more time to charge than fuel busses. This research aims to plan public transportation for electric bus feeders in the Kuta Bali tourism area, namely, routes, number of fleets, and fares charged to passengers using spatial analysis and operational costs. The research results show that there are five electric bus feeder routes with a fleet requirement of 32 electric busses. The fare charged to passengers per trip for all routes is IDR 9.004,86.

Keywords: Kuta tourism area, congestion, feeder transportation, electric busses, spatial analysis, operational costs

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan sepenuhnya kepada Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya tesis ini dapat terselesaikan. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tesis ini tak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mendukung baik secara moral maupun materiil dalam proses penyelesaian tesis ini, antara lain:

1. Ahmad Saidil Ahmadi dan Kudrotukah selaku orang tua penulis, Aisyah Ahmad, Mega Pratidina Putri, Hilal Bagus Atmaja, dan Yastian Rombe selaku kakak penulis, dan keluarga yang senantiasa memberi dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
2. Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran, motivasi, dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis. Terima kasih atas kesabarannya selama membimbing penulis.
3. Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T., Dyah Santhi Dewi, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., dan Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., IPU. selaku dosen penguji. Terima kasih telah meluangkan waktunya dan atas saran-saran yang telah diberikan.
4. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah memberikan bantuan pendanaan selama berkuliah sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
5. Dinas PUPR Kabupaten Badung yang telah memberikan data terkait perencanaan LRT dan *feeder* yang digunakan dalam penelitian ini.
6. Teman-teman S2 angkatan ganjil 2022 khususnya dari konsentrasi Manajemen Rekayasa atas kebersamaan yang diberikan selama ini.
7. Kelompok Pembakar Roket Muhammad Farhan S.T., Miftakhul Ainun Arif, S.T., Muhammad Abdul Hafizh, S.T, dan Ir. Muchammad Alfian Lutfianto, S.T., IPP. yang selalu mengajak penulis untuk bersenang-

senang dalam rangka mengerjakan tesis bersama dan berdiskusi tentang masa depan.

8. Segenap dosen dan tenaga kependidikan Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS.
9. Serta pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Dengan disusunnya tesis ini, penulis berharap tesis ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih kurang sempurna sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan penelitian dikemudian hari.

Surabaya, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.6 Sistematika Penulisan	9
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	11
2.1 Konsep Perencanaan Transportasi	11
2.2 Sebaran Pergerakan	12
2.3 Transportasi Publik	14
2.4 Transportasi Massal Berbasis Listrik	19
2.5 Tempat Pemberhentian Bus (TPB)	22
2.6 <i>Demand dan Supply</i> Penumpang	24
2.6.1 Hubungan antara Permintaan dan Penawaran	25
2.6.2 <i>Transport Demand Management</i>	25
2.7 Penentuan Wilayah Pelayanan Angkutan Umum	26
2.8 Konsep Analisis Spasial	27
2.9 Jumlah Armada	31
2.9.1 <i>Headway</i>	32
2.9.2 <i>Load Factor</i>	32
2.9.3 Waktu Sirkulasi	33

2.10	Biaya Operasional Kendaraan	33
2.10.1	Biaya Tetap (<i>Standing Cost</i>)	34
2.10.2	Biaya Tidak Tetap (<i>Running Cost</i>).....	34
2.10.3	Biaya <i>Overhead</i>	34
2.11	Posisi Penelitian.....	35
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		43
3.1	Pengumpulan Data.....	43
3.1.1	Data Spasial	44
3.1.2	Data Operasional	44
3.1.3	Data Numerik	44
3.2	Identifikasi Lokasi Perencanaan Tujuan <i>Feeder</i>	45
3.3	Analisis MAT	46
3.4	Identifikasi Rute <i>Feeder</i>	47
3.5	Perhitungan Jumlah Armada	48
3.6	Perhitungan Biaya Penumpang <i>Feeder</i>	49
3.7	Penawaran Rekomendasi Perencanaan.....	49
3.8	Penarikan Kesimpulan dan Saran	49
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		51
4.1	Pengumpulan Data.....	51
4.1.1	Data Spasial	51
4.1.2	Data Operasional	58
4.1.3	Data Numerik	60
4.2	Perhitungan MAT	64
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		69
5.1	Identifikasi Rute <i>Feeder</i>	69
5.2	Analisis Jumlah Kebutuhan Armada	78
5.2.1	Analisis Sensitivitas.....	81
5.3	Analisis Biaya Penumpang Feeder	83
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		85
6.1	Kesimpulan.....	85
6.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA.....		87
BIOGRAFI PENULIS		97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Bus Trans Sarbagita.....	3
Gambar 1. 2 Wilayah Pariwisata Kuta.....	5
Gambar 2. 1 Konsep Perencanaan Transportasi	11
Gambar 2. 2 Metode untuk Mendapatkan MAT.....	14
Gambar 2. 3 Konfigurasi <i>Hybrid Electric Bus</i>	20
Gambar 2. 4 Konfigurasi <i>Fuel Cell Electric Bus</i>	20
Gambar 2. 5 Konfigurasi <i>Battery Electric Bus</i>	21
Gambar 2. 6 Peletakan Tempat Perhentian di Pertemuan Jalan Simpang Empat. 23	
Gambar 2. 7 Peletakan Tempat Perhentian di Pertemuan Jalan Simpang Tiga....	23
Gambar 2. 8 Kurva Fungsi Permintaan.....	24
Gambar 2. 9 Kurva Fungsi Penawaran	25
Gambar 2.10 Bentuk Data Raster.....	28
Gambar 2.11 Susunan Sel pada Data Raster.....	28
Gambar 2.12 Jenis Resolusi Sel.....	29
Gambar 2.13 Geometri dan Topologi Data Vektor.....	30
Gambar 2.14 Hubungan Topologi Antar Objek Spasial	31
Gambar 2. 15 Posisi Penelitian	42
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	43
Gambar 3. 2 Layer Data Spasial	44
Gambar 3. 3 Peta Kabupaten Badung	45
Gambar 3. 4 Jaringan Rute.....	48
Gambar 4. 1 Peta Kawasan Pariwisata Kuta.....	52
Gambar 4. 2 Peta Akses Jalan.....	53
Gambar 4. 3 Perencanaan LRT di Kuta	55
Gambar 4. 4 Peta Lokasi Perencanaan Tujuan <i>Feeder</i>	56
Gambar 4. 5 Pemetaan Lokasi Perencanaan Tujuan <i>Feeder</i>	56
Gambar 4. 6 Lokasi Tujuan <i>Feeder</i>	58
Gambar 4. 7 Bus Listrik SAG Golden Dragon	60
Gambar 5. 1 Peta Lokasi Tujuan <i>Feeder</i>	71

Gambar 5. 2 Peta Rute Hasil <i>Running</i>	72
Gambar 5. 3 Peta Rute <i>Feeder</i> Bus Listrik.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Pergerakan Manusia.....	12
Tabel 2. 2 Bentuk Umum MAT	13
Tabel 2. 3 Karakteristik Sistem <i>Feeder</i>	18
Tabel 2. 4 Spesifikasi Bus Listrik dari Beberapa Manufaktur	22
Tabel 2. 5 Penentuan Jarak Antar TPB	22
Tabel 2. 6 Strategi <i>Transport Demand Management</i>	26
Tabel 2. 7 Klasifikasi Trayek dan Jenis Pelayanan.....	27
Tabel 2. 8 Posisi Penelitian	38
Tabel 3. 1 Data yang Dikumpulkan	45
Tabel 3. 2 <i>Latitude</i> dan <i>Longitude</i> Setiap Lokasi	46
Tabel 3. 3 Jarak dan Durasi Asal Tujuan Setiap Lokasi	46
Tabel 3. 4 Matriks Asal Tujuan.....	47
Tabel 3. 5 Parameter Penentuan Rute	47
Tabel 4. 1 Lokasi Perencanaan Tujuan <i>Feeder</i>	53
Tabel 4. 2 Lokasi Tujuan <i>Feeder</i>	57
Tabel 4. 3 Spesifikasi Bus Listrik	58
Tabel 4. 4 Biaya Bus Listrik	63
Tabel 4. 5 Hotel dan Penginapan Kawasan Pariwisata Kuta	64
Tabel 4. 6 Koordinat Lokasi Tujuan <i>Feeder</i>	64
Tabel 4. 7 Jarak Stasiun Ngurah Rai dengan Lokasi Lainnya	65
Tabel 4. 8 Perhitungan MAT dalam Kilometer	67
Tabel 5. 1 Parameter Penentuan Rute	69
Tabel 5. 2 Kapasitas Bus Listrik	70
Tabel 5. 3 Hasil <i>Running</i> Rute R1	73
Tabel 5. 4 Rute <i>Feeder</i> R1	73
Tabel 5. 5 Hasil <i>Running</i> Rute R2	74
Tabel 5. 6 Rute <i>Feeder</i> R2	74
Tabel 5. 7 Hasil <i>Running</i> Rute R3	75
Tabel 5. 8 Rute <i>Feeder</i> R3	75

Tabel 5. 9 Hasil <i>Running</i> Rute R4.....	76
Tabel 5. 10 Rute <i>Feeder</i> R4	77
Tabel 5. 11 Hasil <i>Running</i> Rute R5.....	77
Tabel 5. 12 Rute <i>Feeder</i> R5	78
Tabel 5. 13 Jumlah Hotel dan Penginapan	79
Tabel 5. 14 <i>Headway</i> Setiap Rute	79
Tabel 5. 15 Kebutuhan Armada Bus Listrik.....	80
Tabel 5. 16 Penambahan Armada Bus Listrik.....	82
Tabel 5. 17 Perhitungan Biaya Penumpang.....	84

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, dan manfaat yang digunakan dalam penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

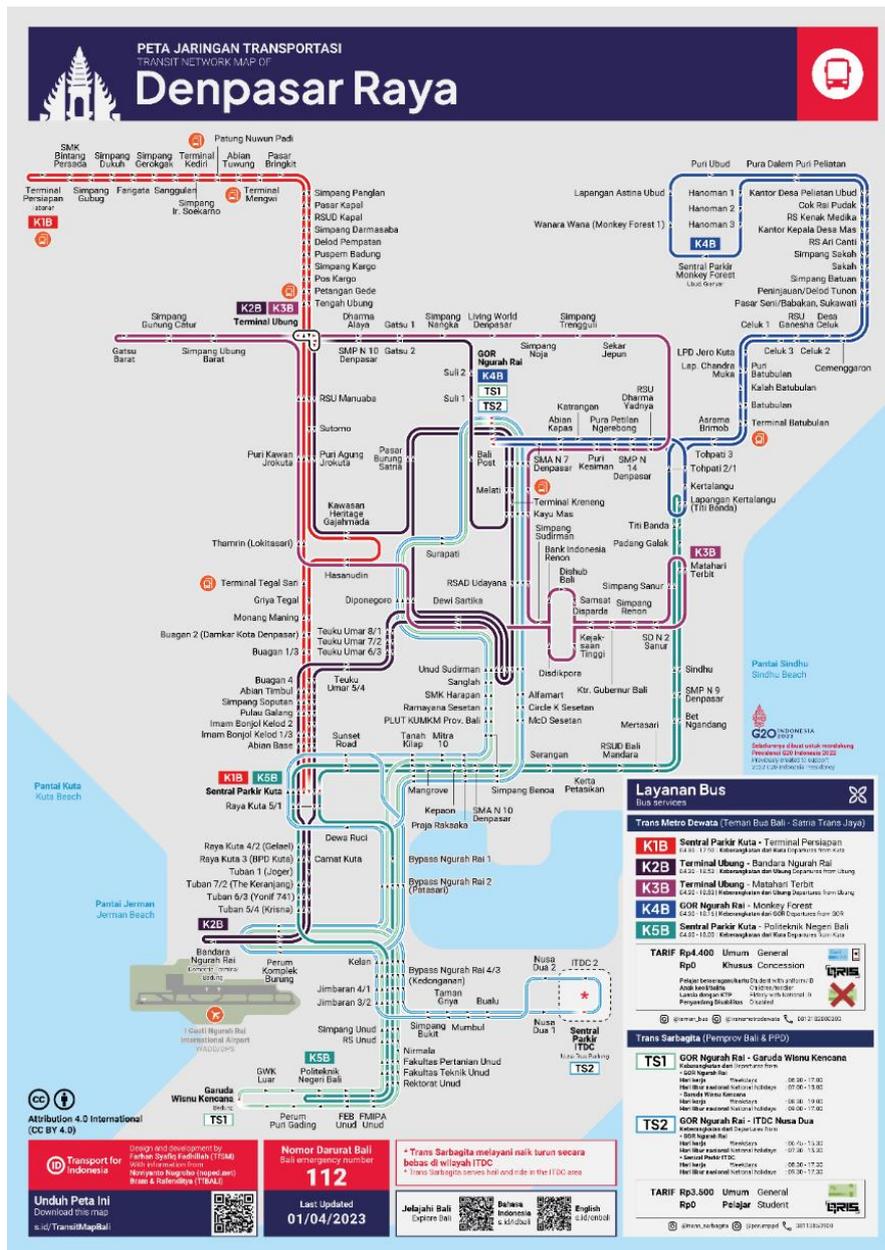
Bali merupakan daerah yang memiliki sektor utama pariwisata. Terdapat 130.000 hotel di Bali, dengan total jumlah kamar 47 juta termasuk hotel bintang dan non-bintang. Dinas Pariwisata Provinsi Bali melaporkan bahwa 3.927.257 wisatawan mancanegara mengunjungi Bali dari Januari hingga September 2023 dengan peningkatan setiap bulannya (BPS, 2024). Untuk meningkatkan kunjungan pariwisata, diperlukan integrasi layanan, terutama transportasi, yang mempengaruhi perkembangan ekonomi dengan mempermudah aktivitas wisatawan (N. Rm & Adnyana, 2016). Pemerintah Provinsi Bali merencanakan pembangunan *Light Rail Transit* (LRT) pada tahun 2024 untuk mengurangi kemacetan, karena pengguna transportasi umum di Bali kurang dari dua persen dari total penduduk. Proyeksi peningkatan penumpang di Bandara I Gusti Ngurah Rai juga menjadi pertimbangan, yaitu dari 55.000 orang per hari pada 2023 menjadi 91.000 orang per hari pada 2030. Pembangunan LRT ini akan dimulai pada September 2024 dengan rute dari Bandara I Gusti Ngurah Rai ke Seminyak sepanjang 9.4 km. Langkah ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi transportasi dan mendukung pertumbuhan pariwisata di Bali (inews.id, 2023).

Melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Kabupaten Badung, terdapat lima stasiun yang berada di Kabupaten Badung yang akan direncanakan pada pembangunan tahap pertama. Stasiun ini meliputi tiga kecamatan di Kabupaten Badung, yaitu Kecamatan Kuta, Kuta Utara, dan Mengwi. Stasiun pertama berada di Bandara I Gusti Ngurah Rai, yaitu Stasiun Ngurah Rai. Kemudian stasiun kedua berada di Kelurahan Kuta, yaitu *TOD Central Park*. Stasiun ketiga berada di Kelurahan Seminyak, yaitu Stasiun Seminyak Sunset Road. Stasiun keempat berada Kecamatan Kuta Utara, yaitu Stasiun Tibubeneng

Canggu. Kemudian stasiun terakhir berada di Kecamatan Mengwi, yaitu Stasiun Munggu Cemagi. Kelima stasiun ini termasuk kedalam kawasan pariwisata Kuta, dimana kawasan ini termasuk ke dalam Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Kabupaten Badung. Zonasi kawasan ini meliputi tiga klaster. Klaster satu kawasan pariwisata Kuta meliputi Cemagi, Munggu, Pererenan, Canggu, Tibubeneng dan Krobokan. Klaster dua kawasan pariwisata Kuta meliputi Kerobokankelod, Seminyak, Legian dan Kuta. Dan klaster tiga kawasan pariwisata Kuta meliputi Tuban dan Kedonganan (badungkab.go.id). Pemilihan kawasan pariwisata Kuta sebagai daerah pembangunan LRT tahap pertama dikarenakan kepadatan lalu lintas yang ada. Berdasarkan Laporan dari Dinas Perhubungan Provinsi Bali, Wisata Kawasan Pantai Kuta, Wisata Kawasan Canggu, dan Jalan Raya Mengwi termasuk ke dalam ruas jalan rawan kemacetan. Savitri et al. (2024) mengemukakan bahwa tingkat kejenuhan pada ruas jalan raya Legian Selatan mencapai 0.92 dengan *level of service D*, yaitu arus tidak stabil dan kecepatan kendaraan menurun. Alasan kemacetan inilah yang menjadi pertimbangan daerah Kuta dan sekitarnya yang menjadi lokasi pembangunan LRT tahap pertama sebagai transportasi umum.

Perencanaan sistem transportasi umum di Bali beriringan dengan perencanaan kawasan TOD (*Transit-Oriented Development*), dimana konsep ini merujuk pada pengembangan properti yang memanfaatkan transportasi publik. Salah satu kawasan yang akan dijadikan sebagai kawasan TOD adalah *Central Kuta Park*. Hal ini akan membantu dalam menciptakan ekosistem berkelanjutan yang berorientasi pada transportasi umum yang mengintegrasikan sistem kereta api dengan transportasi umum lainnya (tarubali.baliprov.go.id, 2023). Terdapat beberapa opsi kendaraan umum untuk transportasi lanjutan dari LRT yang akan dibangun di Bali, yaitu bus umum atau *feeder*. Kendaraan umum yang sudah beroperasi di Bali adalah bus dengan ukuran besar. Bus ini bernama Bus Trans Sarbagita dan Bus Trans Metro Dewata. Bus Trans Sarbagita memiliki dua koridor utama, yaitu koridor satu dengan rute Gor Ngurah Rai menuju Garuda Wisnu Kencana dan sebaliknya. Koridor kedua memiliki rute Gor Ngurah Rai menuju *Central Parkir ITDC* dan sebaliknya. Bus Trans Metro Dewata memiliki lima rute, yaitu rute pertama dari Sentral Parkir Kuta menuju Terminal Pesiapan. Rute kedua

dari Terminal Ubung menuju Bandara I Gusti Ngurah Rai. Kemudian rute ketiga dari Terminal Ubung menuju Matahari Terbit. Rute keempat dari Gor Ngurah Rai menuju *Monkey Forest*. Dan rute terakhir dari Sentral Parkir Kuta menuju Politeknik Negeri Bali. Gambar 1.1 merupakan peta rute dari Bus Trans Sarbagita dan Bus Trans Metro Dewata.



Gambar 1. 1 Peta Bus Trans Sarbagita (s.id/TransitMapBali)

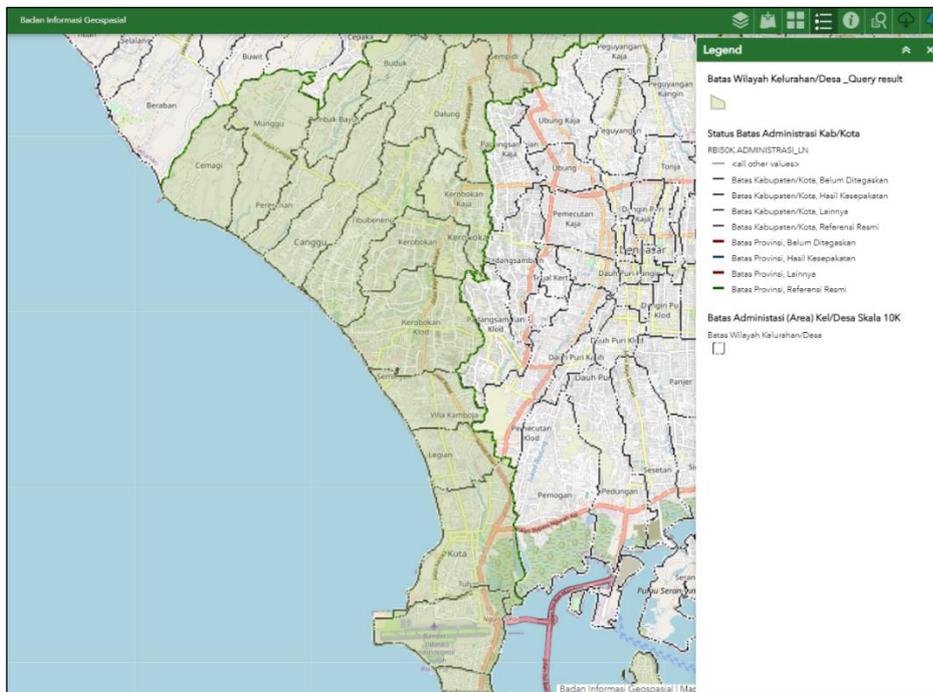
Jalur dari kedua bus ini hanya melewati dua stasiun dari perencanaan LRT yang dilakukan oleh Dinas PUPR Kabupaten Badung, yaitu Stasiun Ngurah Rai dan *Central Park Kuta*. Zulfikri (2019) mengungkapkan bahwa terdapat sebanyak

34,31% pergerakan melalui rute Bandara I Gusti Ngurah Rai menuju kawasan Kuta. Rute ini Hal ini menyatakan bahwa rute tersebut memiliki potensi untuk dijadikan sebagai rute transportasi umum. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ginting et al. (2022), dari segi pelayanan rute, kedua bus ini belum mampu menjangkau wilayah strategis pariwisata nasional di Provinsi Bali dengan penilaian responden sebesar 45,6% setuju. Beberapa daerah yang tidak terakomodasi oleh kedua bus ini salah satunya adalah Kecamatan Kuta, Kuta Utara, dan Mengwi, khususnya kawasan pariwisata Kuta. Selain itu, kedua transportasi umum ini masih kurang maksimal dalam pengoperasiannya dikarenakan beberapa faktor. Yang pertama adalah tidak adanya jalur khusus yang dimiliki, sehingga sering terjadi keterlambatan jarak kedatangan bus dengan bus lainnya. Faktor yang kedua adalah keberadaan bus yang sudah mulai rusak dikarenakan bus sudah berusia lima tahun dan sudah selayaknya untuk diganti. Faktor yang ketiga yaitu ukuran bus yang terlalu besar sedangkan ruas jalan yang berada di Bali tergolong sempit sehingga tidak dapat menjangkau wilayah yang kecil (Permini & Junaedi, 2023). Kawasan pariwisata Kuta merupakan kawasan yang padat akan wisatawan, baik itu wisatawan mancanegara maupun domestik. Namun kawasan ini masih belum terjangkau oleh kendaraan umum, sehingga integrasi dari transportasi umum di kawasan pariwisata ini belum maksimal dan mengakibatkan kemacetan karena setiap wisatawan membawa kendaraannya masing-masing.

Untuk mengatasi keterbatasan ini dan meningkatkan aksesibilitas, rencana pengembangan transportasi umum di kawasan pariwisata Kuta perlu mempertimbangkan transportasi *feeder*. Transportasi *feeder* merupakan transportasi umum lanjutan dari transportasi umum utama untuk menjangkau lokasi-lokasi yang tidak bisa dicapai oleh transportasi umum utama (Zhang et al., 2015). Berdasarkan PM 15 Tahun 2019 jaringan *feeder* adalah kumpulan dari trayek yang menjadi kesatuan jaringan pelayanan angkutan orang. Salah satu jenis transportasi yang digunakan untuk sistem *feeder* yaitu bus berukuran kecil. Bus merupakan transportasi umum yang mudah dan cepat untuk diaplikasikan (Bok & Kwon, 2016). Pemilihan antara bus listrik dan bus konvensional sangat penting dalam *sustainable transportation*. Bus listrik memiliki keunggulan seperti mengurangi emisi karbon, meningkatkan kualitas udara, dan menawarkan biaya

operasional yang lebih rendah serta peluang investasi dalam *green economy*. Namun penggunaan bus listrik memiliki keterbatasan dalam penggunaan energi, pengisian daya untuk bus listrik membutuhkan waktu yang lebih lama daripada bus konvensional (Holland et al., 2021; Mahmoud et al., 2016; Mao et al., 2020).

Perencanaan transportasi umum *feeder* ini akan mendukung transportasi umum LRT dengan memberikan akses bagi wisatawan pengguna LRT untuk akomodasi ke daerah yang tidak dapat dijangkau oleh transportasi umum utama maupun sebaliknya. Perencanaan ini sejalan dengan pengembangan yang dilakukan oleh Dinas PUPR Kabupaten Badung yaitu pembangunan LRT di kawasan pariwisata Kuta. Peta pada gambar 1.2 merupakan wilayah perencanaan transportasi umum *feeder* dimana wilayah ini belum terakomodasi oleh Bus Trans Sarbagita maupun Bus Trans Metro Dewata. Dengan pemilihan kendaraan umum berukuran kecil ini diharapkan dapat menjangkau lokasi-lokasi yang tidak dapat dilalui oleh Bus Trans Sarbagita maupun Trans Dewata. Sehingga kebutuhan akan transportasi umum dari segi pelayanan rute dapat terpenuhi dan juga diharapkan dapat mengurangi potensi kemacetan yang terjadi di daerah kawasan pariwisata Kuta (Ginting et al., 2022).



Gambar 1. 2 Wilayah Pariwisata Kuta

Dalam perencanaan *feeder* untuk kawasan pariwisata Kuta, calon penumpang utama yang akan menggunakan transportasi ini adalah wisatawan pengguna LRT yang menghubungkan Bandara I Gusti Ngurah Rai menuju kawasan pariwisata Kuta. Untuk melakukan identifikasi rute *feeder* akan digunakan analisis spasial. Pemilihan analisis spasial didasari karena analisis spasial melalui tahapan proses analisis pola dan hubungan antara data geografis untuk mendapatkan potensi hubungan dan membuat keputusan yang tepat (Pokharel et al., 2023). Karena analisis spasial memahami struktur mendasar dari suatu lokasi atau area tertentu, analisis spasial dapat mengevaluasi bagaimana berbagai faktor saling berinteraksi dalam ruang tersebut (Meng et al., 2020). Analisis spasial ini memungkinkan untuk mengatasi berbagai masalah yang kompleks termasuk perencanaan kota sampai dengan penentuan rute untuk sebuah permasalahan (Yudono, 2018).

Banyaknya jumlah kendaraan yang melintasi kawasan pariwisata Kuta semakin meningkat. Tercatat bahwa persepsi wisatawan terhadap kemacetan di jalan Pantai Kuta mendapatkan respon buruk sebesar 66%. Kemacetan ini disebabkan oleh banyaknya volume kendaraan dan akses jalan di Pantai Kuta. Dikemukakan juga bahwa akses jalan di Pantai Kuta mendapatkan respon buruk sebesar 65% (Siringo & Adikampana, 2014). Kasus meningkatnya transportasi juga terjadi di berbagai negara, negara maju maupun negara berkembang. Semakin banyaknya transportasi umum juga belum menentukan bertambah efisiennya kondisi lalu lintas yang ada, terlebih dapat menambah kemacetan yang terjadi (Primasworo & Sadillah, 2021). Oleh karena itu sangat penting untuk mengetahui secara akurat kebutuhan transportasi sehingga sumber daya yang ada dapat dimanfaatkan secara efisien dan efektif serta tidak memperparah kondisi lalu lintas yang ada. Hal ini sangat penting untuk perencanaan kebutuhan armada pada kawasan pariwisata Kuta sehingga dapat menguraikan dan mengurangi kemacetan, bukan memperparah kemacetan yang terjadi.

Bus Trans Sarbagita mematok tarif satu kali perjalanan yaitu sebesar Rp 3.500,00. Sedangkan Bus Trans Metro Dewata memasang tarif untuk satu kali perjalanan sebesar Rp 4.400,00 (s.id/TransitMapBali). Idealnya perusahaan transportasi menginginkan tarif per penumpang tinggi, sedangkan pemakai jasa transportasi menginginkan sebaliknya. Kedua kepentingan ini yang menentukan

tingkat batas kewajaran tingkat tarif. Dwiputranti (2023) memperhitungkan tarif Bus Trans Dewata berdasarkan Ability to Pay (ATP) dan Willingness to Pay (WTP). Berdasarkan perhitungan ATP, didapatkan besaran tarif untuk Bus Trans Metro Dewata sebesar Rp 4.000,00 sedangkan pada perhitungan WTP sebesar Rp 4.400,00. Namun perlu diperhatikan bahwa pengguna jasa transportasi Bus Trans Dewata merupakan masyarakat umum yang ada di Bali, bukan untuk kalangan tertentu. Tentunya perhitungan pada tiap-tiap moda transportasi berbeda. Sebagai contoh tarif LRT Jabodebek berkisar antara Rp 5.000,00 – Rp 25.000,00 (Kemenhub, 2023). Contoh lainnya adalah transportasi Jak Lingko, yaitu *feeder* di kawasan Jakarta yang sudah terintegrasi dengan transportasi umum lainnya. Terdapat skema tarif integrasi pada Jak Lingko, sehingga untuk satu kali pembayaran, dapat menggunakan berbagai macam transportasi umum, mulai dari LRT, Bus Transjakarta, dan MRT (jaklingkoindonesia.co.id). Namun pada perencanaan transportasi di kawasan pariwisata Kuta, khususnya *feeder*, tujuan utama transportasi ini yaitu untuk mengakomodasi wisatawan, sehingga sangat dimungkinkan skema tarifnya berbeda dengan Bus Trans Sarbagita maupun Bus Trans Metro Dewata.

Sektor pariwisata merupakan tulang punggung ekonomi Bali. Peningkatan efisiensi dan aksesibilitas transportasi sangat penting, terutama dengan rencana pembangunan LRT untuk mengurangi tingkat kemacetan yang ada di kawasan pariwisata Kuta. Proyeksi peningkatan penumpang di Bandara I Gusti Ngurah Rai sebesar 65% pengunjung per hari memperkuat urgensi ini. Integrasi layanan transportasi, termasuk sistem *feeder*, diharapkan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan aksesibilitas bagi wisatawan, menguraikan kemacetan, dan mendukung pertumbuhan ekonomi Bali.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana perencanaan *feeder* di kawasan pariwisata Kuta sebagai transportasi lanjutan dari transportasi utama LRT dengan mempertimbangkan aspek geografis dan biaya operasional.

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah yang ada, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi rute yang akan digunakan pada sistem transportasi *feeder* di kawasan pariwisata Kuta.
2. Menganalisis kebutuhan armada *feeder* di kawasan pariwisata Kuta.
3. Mengestimasi biaya yang dikenakan untuk penumpang *feeder* di kawasan pariwisata Kuta.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini terdiri atas batasan dan asumsi selama dilakukannya penelitian. Batasan yang digunakan didalam penelitian ini yaitu

1. Jenis kendaraan yang digunakan pada penelitian ini adalah bus listrik ukuran kecil dengan kapasitas 23 orang.
2. Data spasial yang digunakan berasal dari KESDM, Kemenhub, Dinas PUPR Kabupaten Badung, dan aplikasi *Maps*.
3. Usulan biaya per penumpang hanya ditentukan berdasarkan konsekuensi biaya operasional yang harus ditanggung.

Asumsi yang ada dan digunakan dalam penelitian ini yaitu

1. Tidak ada perubahan dalam data pola spasial yang dikumpulkan seperti pertumbuhan tata ruang.
2. Tidak ada disrupsi dalam kegiatan operasional, seperti upacara adat, bencana alam, dan lain-lain.
3. Setiap kendaraan beroperasi selama 15 jam dalam satu hari berdasarkan jam operasional Bus Trans Sarbagita.
4. Biaya yang digunakan mungkin mengalami perubahan karena faktor eksternal. Namun untuk penelitian ini, biaya diasumsikan stabil.
5. Parameter tipe rute yang digunakan yaitu "*Fastest – Real Time Traffic*" dengan kondisi lalu lintas terpadat pada hari Minggu pukul 17.00 – 18.00 WITA berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prasetya et al. (2022).

6. Data potensi *demand* pengguna *feeder* berdasarkan perencanaan LRT yang menghubungkan Bandara I Gusti Ngurah Rai dengan Kuta yang diperoleh dari Hermawati & Bahtiar (2021).
7. Kecepatan *feeder* konstan 60 km/jam berdasarkan Perjanjian Kinerja Tahun 2021 Dinas Perhubungan Provinsi Bali.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dari penelitian ini antara lain:

1. Sebagai bentuk dukungan bagi program pemerintah dalam mewujudkan ekosistem kendaraan listrik terutama terkait perencanaan *feeder* bus listrik yang akan beroperasi di kawasan pariwisata Kuta.
2. Memberikan sumbangsih pengetahuan terkait dengan penggunaan analisis spasial dalam penentuan rute.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan dari laporan penelitian tesis ini.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 akan berisi mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini beserta dengan rumusan permasalahan yang diangkat, tujuan penelitian, batasan dan asumsi, serta manfaat penelitian yang ditentukan pada penelitian ini.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Bab 2 berisi pembahasan dari segala referensi dan literatur yang relevan untuk penelitian ini. Selain itu, pada bab ini akan terdapat posisi penelitian ini terhadap penelitian-penelitian sebelumnya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab 3 berisi metodologi yang digunakan dalam penelitian, termasuk diagram alir dan penjelasan setiap tahapannya.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab 4 akan berisi informasi tentang semua data penting yang telah dikumpulkan serta cara pengolahan dan hasil dari data tersebut.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab 5 berisi analisis dan pembahasan hasil pengolahan data, meliputi identifikasi rute *feeder*, analisis kebutuhan armada, dan analisis biaya *feeder*.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 6 berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian di masa mendatang.

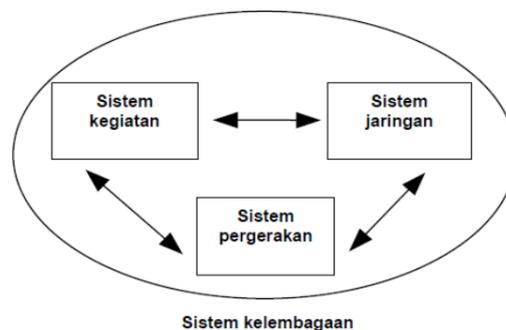
BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai literatur dan referensi yang relevan digunakan pada penelitian ini.

2.1 Konsep Perencanaan Transportasi

Konsep perencanaan transportasi meliputi sistem kegiatan, sistem jaringan, dan sistem pergerakan seperti pada gambar 2.1. Berdasarkan istilahnya, transportasi merupakan segala bentuk pergerakan atau tindakan orang atau barang dalam sebuah ruang termasuk dalam membawa diri mereka sendiri atau mengangkut barang. Sistem transportasi merupakan kombinasi dari berbagai objek yang saling terhubung dan berinteraksi sehingga menyebabkan perubahan pada komponen lainnya (Tamin, 2000).



Gambar 2. 1 Konsep Perencanaan Transportasi (Tamin, 2000)

Sistem kegiatan, jaringan, dan pergerakan merupakan sistem transportasi mikro yang saling berhubungan. Sistem kegiatan merupakan kegiatan untuk memenuhi kebutuhan yang menghasilkan bangkitan dan akan menarik pergerakan yang datang. Dalam sistem ini terdapat hubungan waktu tempuh, kapasitas, dan arus lalu lintas terhadap pihak yang terlibat. Sistem jaringan merupakan sarana bagi manusia untuk melakukan pergerakan sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia seperti berjalan kaki atau menggunakan kendaraan (Tamin, 2000). Sistem pergerakan merupakan interaksi antara sistem kegiatan dan sistem jaringan dalam pergerakan manusia atau kendaraan. Pada sistem ini dapat dikelompokkan

berdasarkan tujuan perjalanannya, dimana dikelompokkan berdasarkan aktivitas ekonomi, sosial, budaya, pendidikan, dan agama seperti yang dijelaskan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Pergerakan Manusia

Aktivitas	Klasifikasi Perjalanan
Ekonomi	Pergerakan orang di perkotaan melibatkan perjalanan dari dan menuju tempat kerja, terkait dengan aktivitas bekerja, serta dari dan menuju toko atau tempat bisnis pribadi, terkait dengan aktivitas belanja atau keperluan pribadi
Sosial	Orang-orang di perkotaan sering melakukan perjalanan dari dan menuju rumah teman, serta pergi dan kembali dari tempat pertemuan di luar rumah seperti <i>coffee shop</i> , restoran, atau pusat pertemuan lainnya.
Pendidikan	Masyarakat perkotaan sering melakukan perjalanan dari dan menuju sekolah, kampus, bimbel, dan tempat pendidikan lainnya
Rekreasi dan Hiburan	Orang-orang yang melakukan perjalanan dari dan menuju tempat rekreasi, seperti taman hiburan, pantai, atau objek wisata lainnya, yang melibatkan penggunaan kendaraan untuk menikmati momen rekreasi dan liburan.
Kebudayaan	Masyarakat yang melakukan perjalanan dari dan menuju tempat ibadah untuk melaksanakan aktivitas keagamaan, pergi dan kembali dari tempat-tempat budaya untuk menikmati seni dan kebudayaan, serta pergi dan kembali dari pertemuan politik untuk berpartisipasi dalam kegiatan politik.

Sumber: Tamin, 2000

2.2 Sebaran Pergerakan

Sebaran perjalanan adalah bagian penting dari perencanaan transportasi yang berkaitan dengan pergerakan antar zona. Model sebaran pergerakan digunakan untuk memahami arus lalu lintas pada suatu ruas jalan, dengan bantuan Matriks Asal Tujuan (MAT) yang menggambarkan pola pergerakan. MAT berisi informasi tentang besarnya pergerakan antar lokasi (zona) di suatu daerah. Hasil dari tahap ini adalah MAT yang digunakan untuk mengkalibrasi persamaan-persamaan yang mencerminkan pola pergerakan berdasarkan hasil observasi lapangan. Distribusi lalu lintas sangat dipengaruhi oleh tata guna lahan dan sistem transportasi (Tamin, 2000). Tabel 2.2 merupakan bentuk umum MAT.

Tabel 2. 2 Bentuk Umum MAT

Zona	1	2	3	...	J	O
1	T11	T12	T13	...	T1j	O1
2	T21	T22	T23	...	T2j	O2
3	T31	T32	T33	...	T3j	O3
.
.
.
i	Oi
dj	d1	d2	d3	...	Dj	T

Sumber: Tamin, 2000

$$O_i = \sum_d T_{id} \quad (2.1)$$

$$D_d = \sum_i T_{id} \quad (2.2)$$

$$T = \sum_i O_i = \sum_d D_d = \sum_i \sum_d T_{id} \quad (2.3)$$

Dimana:

T_{id} = Pergerakan dari zona asal i ke zona tujuan d

O_i = Jumlah pergerakan yang berasal dari zona asal i

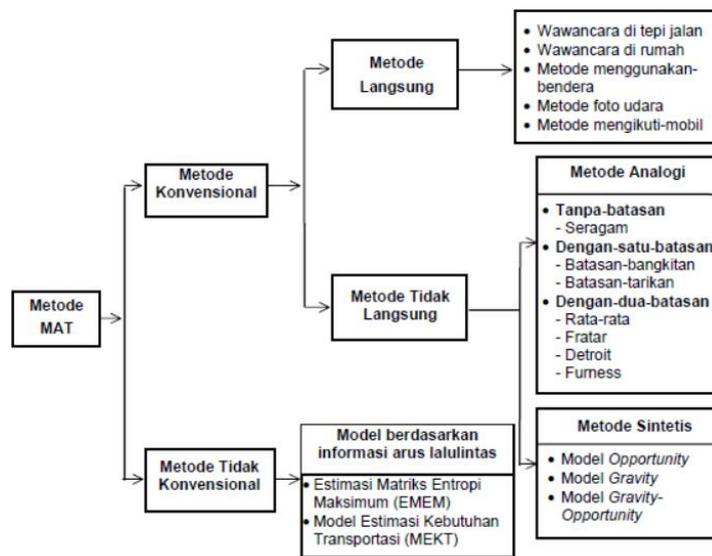
D_d = Jumlah pergerakan yang menuju ke zona tujuan d

T = Total matriks

MAT dapat menggambarkan pola pergerakan dalam berbagai skala, baik di dalam suatu perkotaan maupun di dalam suatu negara. Untuk mendapatkan MAT, berbagai usaha telah dilakukan dengan menggunakan dua metode utama: metode konvensional dan metode tidak konvensional. Metode konvensional biasanya melibatkan survei wawancara rumah tangga atau survei di tepi jalan, yang memerlukan biaya besar, tenaga surveyor yang banyak, ketelitian tinggi dalam pengolahan data, waktu yang lama, dan dapat mengganggu pengguna jalan. Sebaliknya, metode tidak konvensional memiliki keunggulan dalam menggantikan metode konvensional dengan menggunakan data arus lalu lintas di ruas jalan untuk memperkirakan MAT (Tamin, 2000).

Metode konvensional dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu metode langsung dan metode tidak langsung. Metode langsung, yang telah lama digunakan, termasuk wawancara di tepi jalan, wawancara di rumah, penggunaan bendera, foto udara, dan mengikuti mobil. Sementara itu, metode tidak langsung

merupakan pemodelan yang menyederhanakan realita dengan mempertimbangkan unsur atau faktor yang berkaitan dengan situasi yang digambarkan. Metode tidak langsung dibagi lagi menjadi dua jenis, yaitu metode analogi dan metode sintetis. Metode analogi digunakan untuk memprediksi pergerakan di masa mendatang berdasarkan pergerakan saat ini, sedangkan metode sintetis memodelkan hubungan antara pola pergerakan yang kemudian diproyeksikan untuk mendapatkan pola pergerakan masa mendatang (Tamin, 2000). Gambar 2.2 merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan MAT.



Gambar 2. 2 Metode untuk Mendapatkan MAT (Tamin, 2000)

2.3 Transportasi Publik

Transportasi publik mencakup berbagai jenis moda transportasi untuk memenuhi kebutuhan mobilitas dalam memindahkan barang atau manusia (Tang & Lo, 2008). Terdapat beberapa regulasi terkait transportasi publik khususnya pada jalan raya, yaitu terkait dimensi dan daya angkut. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 98 (2013), terdapat batas aturan dimensi kendaraan berdasarkan kategorinya, yaitu sebagai berikut.

1. Bus besar yang berat totalnya 8000-160000 kg, panjang maksimum 9000-12000 mm, lebar tidak melebihi 2500 mm, tinggi tidak melebihi 4200 mm, dan rasio tinggi tidak lebih dari 1.7 kali lebar kendaraan.

2. Bus sedang yang berat totalnya 5000-8000 kg, panjang maksimum 9000 mm, lebar tidak melebihi 2100 mm, dan rasio tinggi tidak lebih dari 1.7 kali lebar kendaraan.
3. Bus kecil yang berat totalnya 3500-5000 kg, panjang maksimum 6000 mm, lebar tidak melebihi 2100 mm, dan rasio tinggi tidak lebih dari 1.7 kali lebar kendaraan.

Disebutkan juga terkait daya angkut berdasarkan kategori jenis kendaraan, yaitu sebagai berikut.

1. Bus besar dapat menampung sebanyak 79 penumpang terdiri dari penumpang duduk dan berdiri, rasio penumpang berdiri dan duduk menyesuaikan layout kendaraan.
2. Bus sedang dapat menampung sebanyak 30 penumpang terdiri dari penumpang duduk dan berdiri, rasio penumpang berdiri dan duduk menyesuaikan layout kendaraan.
3. Bus kecil dapat menampung sebanyak 9-19 penumpang terdiri dari penumpang duduk dan berdiri, rasio penumpang berdiri dan duduk menyesuaikan layout kendaraan.
4. Mobil penumpang umum sebanyak 8 penumpang.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 98 (2013), terdapat aturan mengenai aksesibilitas pengguna khusus untuk akomodasi, yaitu dengan menyediakan kursi prioritas yang ditujukan untuk penyandang cacat, anak-anak, orang tua, dan ibu hamil. Aturan tersebut secara rinci adalah sebagai berikut.

1. Bus besar menyediakan kursi prioritas sebanyak dua kursi dan area untuk kursi roda sebanyak satu kursi roda atau lebih.
2. Bus sedang menyediakan kursi prioritas sebanyak satu kursi.
3. Bus kecil tidak wajib menyediakan kursi prioritas.

Permasalahan transportasi di kota padat penduduk tidak hanya dapat diselesaikan dengan solusi teknik semata. Perubahan pola perilaku masyarakat terhadap angkutan massal seperti busway dan kereta api menjadi indikator penting dalam pemilihan moda transportasi, keberadaan sistem angkutan massal ini mengakibatkan perubahan yang signifikan dalam pola mobilitas dan perilaku bertransportasi masyarakat (Tang & Lo, 2008).

2.2.1 Bus Rapid Transit (BRT)

Bus rapid transit merupakan sistem transportasi massal menggunakan bus yang beroperasi di jalur khusus sejajar dengan jalur cepat (Levinson et al., 2003). BRT ini dirancang untuk mengatasi kepadatan perkotaan dengan efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan kereta api dan juga memiliki keunggulan dalam implementasi yang lebih cepat dan kapasitas angkut yang tinggi (Rodriguez & Targa, 2004). Levinson et al. (2003) menyatakan bahwa terdapat tujuh komponen dalam sistem BRT yaitu.

1. Jalur (*Running Ways*)

Jalur yang digunakan oleh sistem BRT adalah jalan raya yang umumnya dialokasikan satu atau dua jalur, disesuaikan dengan keadaan jalan yang ada, sebagai jalur khusus untuk sistem BRT yang tidak diizinkan digunakan oleh kendaraan lain.

2. Stasiun (*Stations*)

Stasiun BRT seharusnya dapat diakses dengan mudah oleh calon penumpang, dan jarak antara satu stasiun dengan stasiun lainnya harus diperhitungkan dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti lokasi pusat kota, pusat distribusi, pemukiman penduduk, area hiburan, dan lain-lain.

3. Kendaraan (*Vehicles*)

Kendaraan BRT perlu memiliki kapasitas angkut yang besar untuk mengakomodasi jumlah penumpang yang banyak dalam waktu tertentu. Selain itu, disarankan agar kendaraan yang digunakan menggunakan bahan bakar yang ramah lingkungan.

4. Pelayanan (*Services*)

Sistem operasi BRT fokus pada aspek kecepatan, keandalan, dan kenyamanan bagi para penumpangnya. BRT harus memiliki kapasitas yang mencukupi untuk melayani jumlah penumpang yang besar dengan waktu tunggu yang minimal, baik saat menunggu bus maupun saat berada dalam perjalanan di dalam bus.

5. Struktur Rute (*Route Structure*)

Memberikan informasi yang jelas mengenai jalur yang dilalui oleh bus, termasuk daftar lengkap halte yang menjadi tujuan atau tidak menjadi tujuan bagi bus-bus tertentu.

6. Sistem Pembayaran (*Fare Collection*)

Menerapkan sistem pembayaran di halte keberangkatan sebagai alternatif dari pembayaran di dalam bus, dengan memastikan kelancaran dan kemudahan transaksi (misalnya dengan menggunakan kartu Prabayar). Selain itu, menyediakan lebih dari satu loket pembayaran untuk mengurangi antrian penumpang di loket pembayaran.

7. Transportasi Sistem Cerdas (*Intelligent Transportation Systems*)

BRT mengadopsi teknologi digital untuk menyediakan informasi tentang kedatangan bus, jadwal keberangkatan, kapasitas penumpang di dalam bus, serta berbagai informasi lainnya yang dapat meningkatkan tingkat kenyamanan dan kepercayaan pengguna.

2.2.2 Feeder

Feeder public transportation, juga dikenal sebagai transportasi umum pengumpan, adalah jenis transportasi yang bertujuan untuk menghubungkan lokasi-lokasi yang sulit dijangkau oleh moda transportasi utama seperti bus atau kereta api dengan tujuan akhir (Mahdinia, 2018). Transportasi umum pengumpan biasanya berupa mini-bus atau mikrolet yang mengoperasikan rute-rute pendek di daerah perkotaan. Bagi mereka yang tinggal jauh dari stasiun transit dan sulit untuk berjalan kaki atau tidak punya kendaraan pribadi, pilihan terbaik adalah menggunakan layanan angkutan umum atau sistem transportasi massal seperti BRT atau kereta api. Meskipun dapat mengurangi kemacetan dan emisi, layanan bus pengumpan bisa menjadi mahal terutama di daerah dengan sedikit penumpang (Tabassum et al., 2017). Menurut Departemen Perhubungan Republik Indonesia, *feeder* adalah layanan angkutan umum dengan kapasitas lebih kecil untuk wilayah dengan kepadatan rendah. Steijn (2014) juga menyatakan bahwa *feeder* menghubungkan bagian kota yang tidak terjangkau oleh sistem BRT. Verma & Venkata Ramanayya (2014) menggambarkan *feeder* sebagai layanan yang mengangkut penumpang di area lokal menuju titik transfer ke koridor utama.

Karakteristik layanan transportasi *feeder* dijelaskan oleh Miro & Hardani (2005), seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Karakteristik Sistem *Feeder*

No	Aspek	Karakteristik
1	Wilayah	Menghubungkan kawasan permukiman ke jaringan yang terlayani transportasi utama
2	Waktu	Frekuensi armada yang tinggi dengan rentan waktu 5 hingga 10 menit
3	Pelayanan	a. Lingkup pelayanan dengan rentan 4 hingga 6 km b. Menyediakan keterhubungan pada titik awal dan akhir perjalanan
4	Tarif	Tiket atau negosiasi
5	Sarana Prasarana	Prasarana fisik yang digunakan: a. Jaringan Jalan b. Pangkalan Terminal Lainnya Halte dapat dijangkau dengan berjalan kaki berjarak 3 hingga 400 m
6	Moda	a. Jenis kendaraan yang biasanya beragam atau bervariasi tergantung pada moda utama yang digunakan b. Memerlukan perpindahan moda
7	Penyedia	Operator

Sumber: Miro & Hardani, 2005

Konsep jalur *feeder* bertujuan untuk menyambungkan wilayah pemukiman dengan koridor utama, yang merupakan kunci keberlanjutan operasional angkutan umum secara ekonomis. Ada dua pendekatan untuk menghubungkan wilayah pemukiman dengan pusat kota, yaitu melalui layanan jalur *feeder* menggunakan kendaraan berkapasitas kecil menuju titik transfer di koridor utama, atau melalui integrasi sistem transportasi yang menggabungkan moda transportasi untuk memastikan konektivitas yang optimal. Pendekatan ini dapat diimplementasikan melalui sistem trunk and *feeder* dan sistem pelayanan langsung.

Tujuan dari pengembangan jalur pelayanan *feeder* adalah sebagai berikut.

1. Meningkatkan keterisian Bus Rapid Transit
2. Memperluas cakupan layanan Bus Rapid Transit
3. Meningkatkan kualitas pelayanan
4. Meningkatkan koordinasi layanan antar moda angkutan umum
5. Mendorong efisiensi operasional pada perusahaan bus
6. Mengatur sistem tarif yang lebih efektif

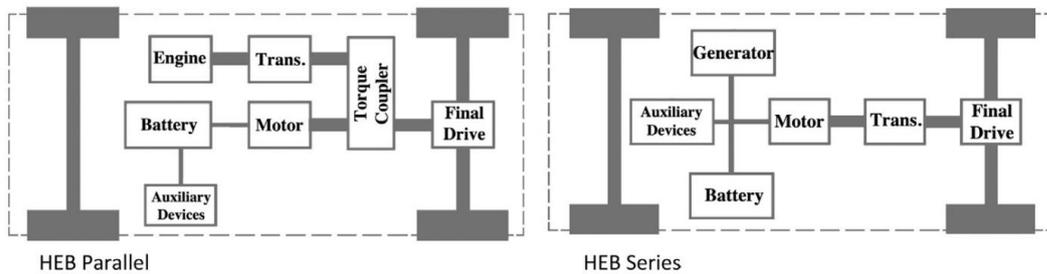
Wilayah yang seharusnya dilayani oleh layanan *feeder* mencakup kawasan perkotaan yang tidak terjangkau oleh BRT dan tidak terintegrasi dengan sistem tersebut, serta kawasan perumahan di pinggiran area metropolitan, sebagaimana diidentifikasi oleh Steijn (2014). Kedua penelitian tersebut menyoroti bahwa kawasan potensial untuk menerima layanan *feeder* adalah kawasan pinggiran. Mereka juga menekankan bahwa mayoritas pengguna layanan *feeder* adalah masyarakat dengan penghasilan menengah ke bawah, sesuai dengan analisis yang diterbitkan oleh Kementerian Perhubungan pada tahun 2012.

2.4 Transportasi Massal Berbasis Listrik

Transportasi massal berbasis listrik memiliki potensi besar dalam mengatasi tantangan yang disebabkan oleh transportasi konvensional. Elektrifikasi angkutan umum seperti bus dan kereta api mendapatkan perhatian yang lebih dalam beberapa tahun terakhir. Dimana dapat mengurangi emisi gas, meningkatkan kualitas udara, dan mendorong penggunaan energi berkelanjutan (Ahmed et al., 2021; Ban et al., 2019; Jones, 2020). Bus listrik merupakan transportasi massal yang muncul sebagai transportasi massal yang menjanjikan sehingga menarik banyak penelitian dalam upaya mengoptimalkan teknologi ini (Husain et al., 2021).

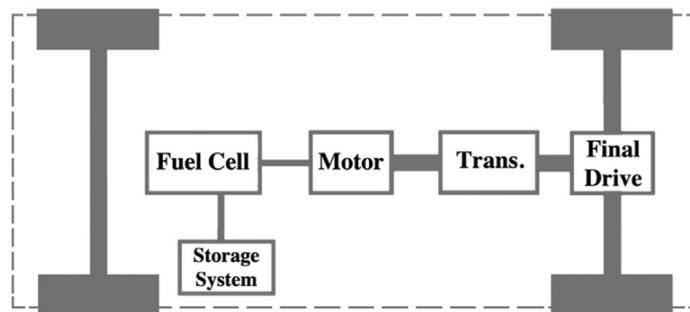
Bus listrik merupakan bus yang ditenagai oleh listrik, bukan solar ataupun bensin. Bus listrik dilengkapi dengan motor listrik dan baterai untuk menyimpan energi listrik. Bus listrik merupakan alternatif ramah lingkungan dibandingkan bus konvensional karena tidak menghasilkan emisi dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (Lajunen, 2018). Berdasarkan konfigurasi penggerakannya, bus listrik dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *hybrid electric*, *fuel cell electric*, dan *battery electric* (Mahmoud et al., 2016).

Hybrid electric menggunakan teknologi *internal combustion engine* (ICE) dan *electric motor* (EM) dalam dua konfigurasi, yaitu seri dan paralel seperti pada gambar 2.3. Pada konfigurasi paralel, baik mesin dan motor listrik tersambung ke roda sebagai penggerak utamanya, sedangkan pada konfigurasi seri mesin pada umumnya digunakan sebagai generator yang mengisi daya baterai, kemudian baterai akan menggerakkan motor listrik sebagai penggerak utama bus listrik. Terdapat pengembangan pada konfigurasi seri karena tingginya permintaan terhadap bus listrik tipe *hybrid*, yaitu *plug-in hybrid* yang bisa mengisi baterai melalui SPKLU (Hannan et al., 2014).



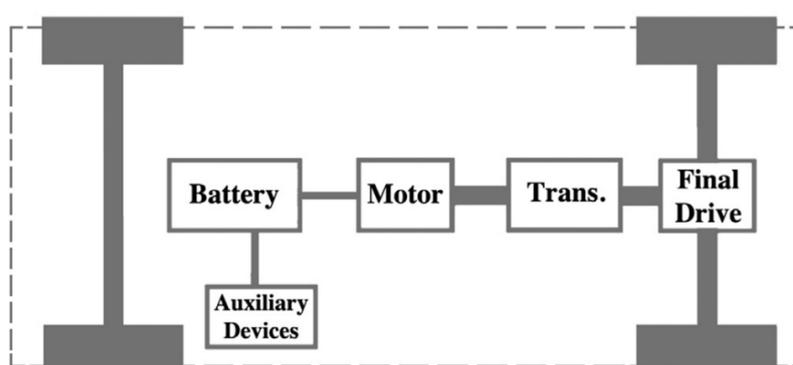
Gambar 2. 3 Konfigurasi *Hybrid Electric Bus* (Mahmoud et al., 2016)

Fuel cell electric menggunakan motor listrik sebagai penggerak utamanya, namun tenaga yang digunakan berasal dari bahan bakar fosil seperti pada gambar 2.4. Tidak seperti bus konvensional dimana bahan bakar dibakar didalam ruang bakar untuk menghasilkan tenaga, *fuel cell electric bus* menggunakan bahan bakar fosil melalui proses elektrokimia. Proses ini mengubah energi kimia yang tersimpan di dalam *fuel cell* ke dalam energi listrik. Teknologi *fuell cell* dapat diaplikasikan pada bus listrik *hybrid* sebagai pengisi baterai bus listrik maupun sebagai penggerak langsung (Offer et al., 2010).



Gambar 2. 4 Konfigurasi *Fuel Cell Electric Bus* (Mahmoud et al., 2016)

Battery electric sering dijelaskan dengan istilah *pure electric*, yaitu hanya menggunakan listrik sebagai tenaga yang disimpan di baterai dan penggerak motor listrik seperti pada gambar 2.5. Secara garis besar terdapat dua jenis *battery electric bus*, yaitu *opportunity* dan *overnight*. *Opportunity electric bus* mempunyai kapasitas baterai yang lebih kecil dengan jarak tempuh antara 30-50 km dan pengisian baterai hanya memerlukan waktu 10 menit, sedangkan *overnight electric bus* mempunyai kapasitas baterai yang lebih besar dengan jarak tempuh hingga 300 km dan memerlukan waktu pengisian baterai selama 4 jam (Miles & Potter, 2014).



Gambar 2. 5 Konfigurasi *Battery Electric Bus* (Mahmoud et al., 2016)

Di Indonesia, bus listrik sudah mulai digunakan, baik itu oleh pemerintah, pariwisata, ataupun transportasi umum. Jakarta merupakan salah satu kota yang menerapkan transportasi umum menggunakan bus listrik dalam armada TransJakarta. TransJakarta telah melakukan beberapa uji coba sebagai langkah kecil menuju nol emisi pada sektor transportasi umum (Sunitiyoso et al., 2022). Selain itu terdapat juga beberapa universitas yang ikut mengembangkan transportasi bus listrik, yaitu Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan Universitas Indonesia (UI). Pada tahun 2013 UI meluncurkan bus listrik dengan spesifikasi 120 kW, 30 Ah, dan 60 penumpang. Dua tahun kemudian, ITS meluncurkan bus listrik berpanel surya di atap bus dengan spesifikasi 40 kW, 35 penumpang, dan *solar cell* 1500 W (Asfani et al., 2020).

Pada tahun 2020 terdapat beberapa manufaktur kendaraan listrik di Kementerian Perindustrian. Untuk bus listrik terdapat lima manufaktur yang terdaftar, yaitu Mobil Anak Bangsa (MAB), BYD, Skywell, INKA, Higer

(Mahalana et al., 2021). Tabel 2.4 merupakan spesifikasi dari lima manufaktur bus listrik tersebut.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Bus Listrik dari Beberapa Manufaktur

Brand	Domestic/ Foreign	Model: Battery Capacity and Specification
Mobil Anak Bangsa (MAB)	Domestic	City bus: 12 m, 315.85 kWh Inter-city bus: 12 m, 315.85 kWh
BYD	Foreign	K9: 12 m, 324 kWh C6: 7.4 m, 135 kWh
Skywell	Foreign	NJL612BEV: 12 m, 258 kWh
INKA	Domestic	E-Inobus: 8 m, 143 kWh
Higher	Foreign	Higher bus: 8 m, 385 kWh

Sumber: Mahalana et al., 2021

2.5 Tempat Pemberhentian Bus (TPB)

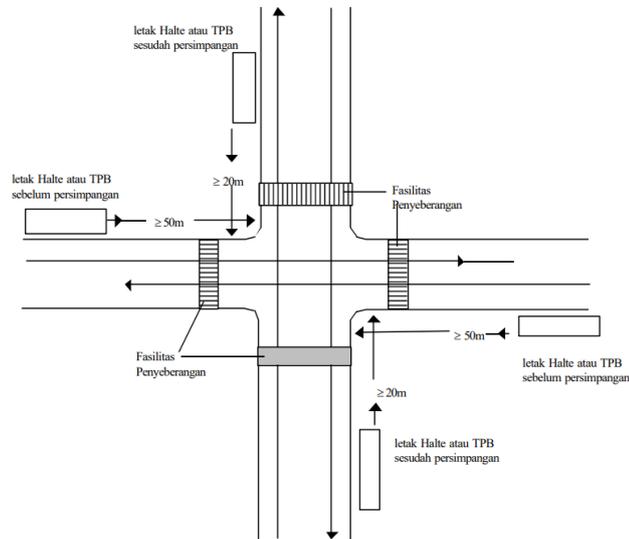
Tempat pemberhentian bus (TPB) merupakan tempat pemberhentian kendaraan penumpang umum untuk menurunkan dan menaikkan penumpang. Terdapat beberapa persyaratan umum untuk TPB ini, yaitu berada di sepanjang rute bus, terletak pada jalur pejalan dan dekat dengan fasilitas pejalan, diarahkan dekat dengan pusat kegiatan atau permukiman, dilengkapi dengan rambu petunjuk, dan tidak mengganggu kelancaran arus lalu lintas (Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 1996). Penentuan jarak antar TPB dijelaskan pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Penentuan Jarak Antar TPB

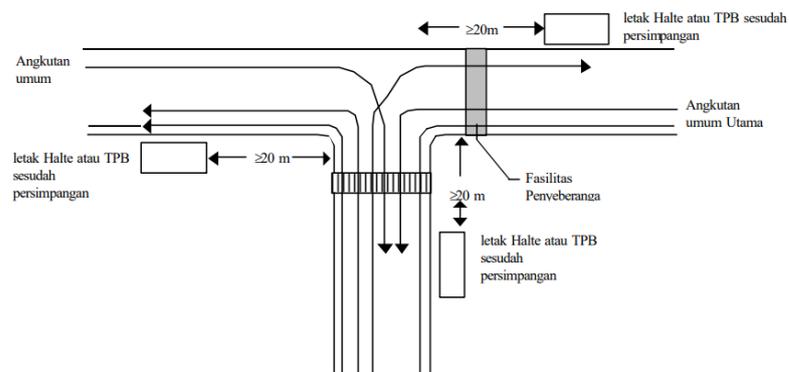
Zona	Tata Guna Lahan	Lokasi	Jarak Tempat henti (m)
1	Pusat kegiatan sangat padat: pasar, pertokoan	CBD, Kota	200 -- 300
2	Padat : perkantoran, sekolah, jasa	Kota	300 -- 400
3	Permukiman	Kota	300 -- 400
4	Campuran padat : perumahan, sekolah, jasa	Pinggiran	300 -- 500
5	Campuran jarang : perumahan, ladang,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

Sumber Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1996

Terdapat juga aturan terkait tata letak TPB, yaitu jarak maksimal terhadap fasilitas penyeberangan pejalan kaki adalah 100 m, jarak minimal halte sebelum persimpangan adalah 50 m dan setelah persimpangan adalah 20 m. Jarak minimal gedung seperti rumah sakit, tempat ibadah, atau tempat yang membutuhkan ketenangan adalah 100 m. Aturan ini digambarkan melalui gambar 2.6 untuk pertemuan jalan simpang empat dan gambar 2.7 untuk pertemuan jalan simpang tiga.



Gambar 2. 6 Peletakan Tempat Perhentian di Pertemuan Jalan Simpang Empat (Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 1996)



Gambar 2. 7 Peletakan Tempat Perhentian di Pertemuan Jalan Simpang Tiga (Direktur Jenderal Perhubungan Darat, 1996)

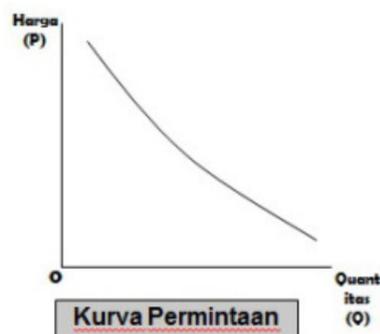
2.6 Demand dan Supply Penumpang

Permintaan perjalanan sangat dipengaruhi oleh aktivitas yang terjadi dalam masyarakat. Permintaan layanan transportasi mencerminkan penggunaan sistem transportasi untuk keperluan perjalanan manusia dan pengiriman barang, serta desain fasilitas transportasinya. Semakin banyak dan pentingnya aktivitas dalam masyarakat, semakin tinggi kebutuhan akan perjalanan.

Menurut Setijowarno & Frazila (2001), permintaan transportasi pada dasarnya berkaitan dengan

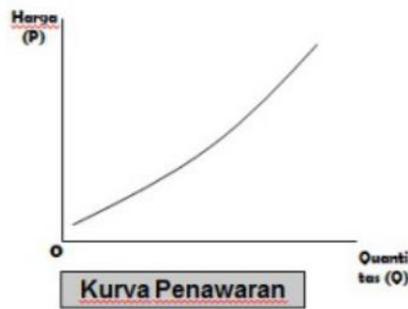
1. Kebutuhan individu untuk melakukan perjalanan dari satu lokasi ke lokasi lain demi melakukan kegiatan tertentu.
2. Permintaan untuk pengiriman barang ke tempat tujuan yang diinginkan.

Untuk memenuhi permintaan perjalanan, diperlukan biaya. Hubungan antara permintaan dan biaya digambarkan pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Kurva Fungsi Permintaan (Morlok, 1978)

Dalam kerangka teori mikroekonomi, konsep persediaan dan permintaan disebutkan berada dalam kondisi persaingan sempurna ketika terdapat banyak pembeli dan penjual, dimana tidak ada satu pun pihak yang dapat secara signifikan mempengaruhi harga barang, termasuk dalam konteks transportasi. Dalam hal ini, dapat disimpulkan bahwa persediaan dianggap memadai jika permintaan terpenuhi tanpa adanya pengaruh yang signifikan terhadap tarif perjalanan, baik dari penyedia jasa transportasi maupun dari penumpang. Gambar 2.9 merupakan kurva fungsi penawaran.



Gambar 2. 9 Kurva Fungsi Penawaran (Morlok, 1978)

Terdapat kecenderungan bahwa meningkatnya permintaan perjalanan yang mengakibatkan peningkatan volume perjalanan berdasarkan permintaan akan berdampak pada peningkatan tarif perjalanan, waktu pemberangkatan dan kedatangan penumpang, kepadatan lalu lintas, dan faktor-faktor lainnya. Akibat lebih lanjut dari peningkatan waktu perjalanan adalah peningkatan tarif perjalanan karena peningkatan penggunaan bahan bakar (Morlok, 1978).

2.6.1 Hubungan antara Permintaan dan Penawaran

Dalam konteks pemikiran ekonomi yang simpel, pertukaran barang dan jasa bisa terjadi karena adanya interaksi antara permintaan dan penawaran. Titik keseimbangan, yang merupakan hasil dari perpaduan kedua faktor tersebut, menjelaskan harga barang yang diperjualbelikan dan jumlahnya di pasar. Titik keseimbangan tercapai ketika biaya *marginal* produk dan penjualan barang sama dengan keuntungan *marginal* dari penjualan tersebut (Luo & Zheng, 2021).

2.6.2 *Transport Demand Management*

Transport demand management atau manajemen kebutuhan transportasi (MKT) merupakan sebuah sistem pengelolaan lalu lintas yang memanfaatkan fasilitas dan infrastruktur transportasi yang sudah ada dengan lebih efisien, dengan cara mengurangi penggunaan kendaraan bermotor melalui pengaruh terhadap pola perjalanan, termasuk frekuensi, tujuan, moda, dan waktu perjalanan. Munawar (2005) menjelaskan bahwa MKT atau modifikasi permintaan pengguna jalan merupakan bagian integral dari manajemen lalu lintas yang bertujuan untuk meratakan penggunaan jalan. MKT merupakan serangkaian kebijakan, program, dan tindakan yang bertujuan untuk mengurangi jumlah kendaraan dalam sistem transportasi.

Tabel 2. 6 Strategi *Transport Demand Management*

Dampak Dorong	Dampak Dorong dan Tarik	Dampak Tarik
Rekayasa transportasi yang menarik dapat menjadi daya tarik bagi individu untuk beralih dari kendaraan pribadi atau kendaraan bermotor ke angkutan umum.	Rekayasa transportasi yang membatasi penggunaan kendaraan bermotor pribadi	Rekayasa yang menarik individu untuk berganti menuju angkutan umum atau kendaraan tidak bermotor dan sekaligus membatasi penggunaan kendaraan bermotor
<ul style="list-style-type: none"> a. Zona bebas kendaraan bermotor b. Pembatasan ruang parkir c. Penerapan kawasan pembatasan penumpang (contoh: sistem 3 in 1) d. Road pricing e. Hari bebas kendaraan bermotor f. Jam bebas kendaraan bermotor 	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengambilan ruas jalan untuk jalur khusus bus atau sepeda b. Pelebaran trotoar di sisi jalan c. Pengaturan lalu lintas yang memprioritaskan bagi angkutan umum massal dan kendaraan tidak bermotor 	<ul style="list-style-type: none"> a. Penataan ruang berorientasi transit b. Peningkatan kualitas pelayanan angkutan umum c. Fasilitas pejalan kaki dan jalur sepeda yang terintegrasi dengan titik transit angkutan umum massal d. Penyediaan alternatif moda e. Park & ride

Sumber: Khaerudin et al., 2009

Penerapan manajemen kebutuhan transportasi dalam konteks angkutan umum diharapkan dapat mengurangi penggunaan kendaraan bermotor dengan mendorong orang untuk beralih dari kendaraan pribadi ke angkutan umum. Konsep strategi MKT, seperti yang diuraikan oleh Khaerudin et al. (2009), dapat dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu dorong, tarik, dan kombinasi dorong dan tarik seperti pada tabel 2.6.

2.7 Penentuan Wilayah Pelayanan Angkutan Umum

Penentuan wilayah pelayanan angkutan umum melibatkan perencanaan jaringan trayek, pola tata guna lahan, pola pergerakan penumpang, kepadatan penduduk, daerah pelayanan, karakteristik jaringan jalan, serta penetapan kewenangan dalam penyediaan, pengelolaan, dan pengaturan layanan tersebut. Jaringan trayek merupakan serangkaian jalur perjalanan yang menjadi bagian

integral dari layanan angkutan umum. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam menetapkan jaringan trayek meliputi pola tata guna lahan, pola pergerakan penumpang angkutan umum, kepadatan penduduk, daerah pelayanan, dan karakteristik jaringan jalan. Penetapan jaringan trayek yang efektif harus memperhatikan aksesibilitas yang baik, pola pergerakan penduduk, kepadatan penduduk, cakupan wilayah pelayanan yang merata, serta karakteristik jaringan jalan yang memengaruhi operasional angkutan umum. Hubungan antara klasifikasi trayek dan jenis pelayanan dapat dilihat pada tabel 2.7 (Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 2002).

Tabel 2. 7 Klasifikasi Trayek dan Jenis Pelayanan

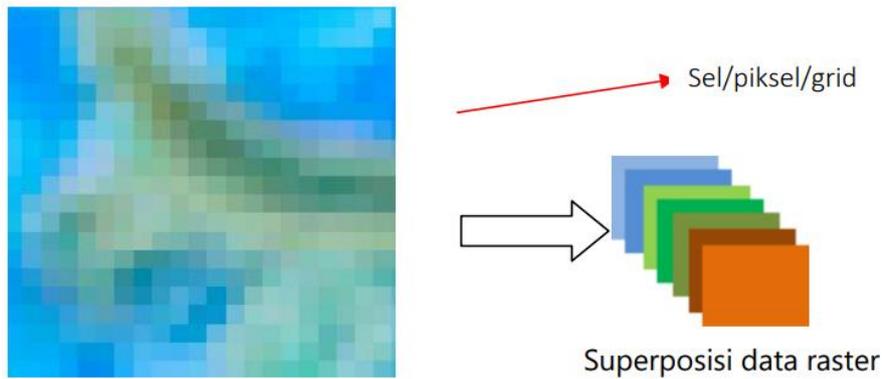
Klasifikasi Trayek	Jenis Pelayanan	Jenis Angkutan	Kapasitas penumpang per hari/kendaraan
Utama	Cepat	Bus Besar	1500-1800
	Lambat	Bus Besar	1000-1200
		Bus Sedang	500-600
Cabang	Cepat	Bus Besar	1000-1200
	Lambat	Bus Sedang	500-600
		Bus Kecil	300-400
Ranting	Lambat	Bus Sedang	500-600
		Bus Kecil	300-400
		MPU	250-300
Langsung	Cepat	Bus Besar	1000-1200
		Bus Sedang	500-600
		Bus Kecil	300-400

Sumber: Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 2002

2.8 Konsep Analisis Spasial

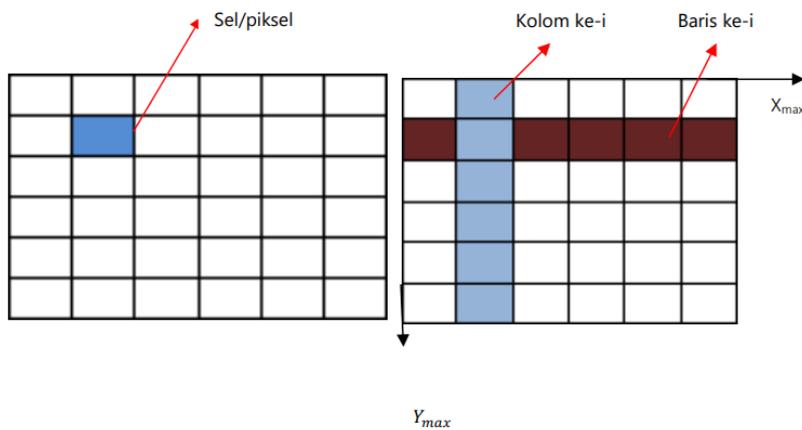
Analisis spasial adalah proses analisis pola dan hubungan antara data geografis untuk mendapatkan potensi hubungan dan membuat keputusan yang tepat (Pokharel et al., 2023). Secara umum, analisis spasial digunakan untuk memahami struktur mendasar dari suatu lokasi atau area tertentu untuk mengevaluasi bagaimana berbagai faktor saling berinteraksi dalam ruang tersebut (Meng et al., 2020). Dengan menggunakan berbagai teknik seperti sistem informasi geografis, penginderaan jauh, dan statistik spasial, analisis spasial memungkinkan untuk mengatasi berbagai masalah kompleks, termasuk perencanaan kota, pengelolaan

sumber daya lingkungan, transportasi, dan kesehatan masyarakat (Yudono, 2018a). Analisis spasial hanya dapat dilakukan pada data yang berformat layer data raster atau layer data vektor. Layer data raster memiliki struktur matriks yang membentuk suatu *grid* (persegi) yang berfungsi untuk menampilkan, menempatkan, dan menyimpan konten data spasial seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10.



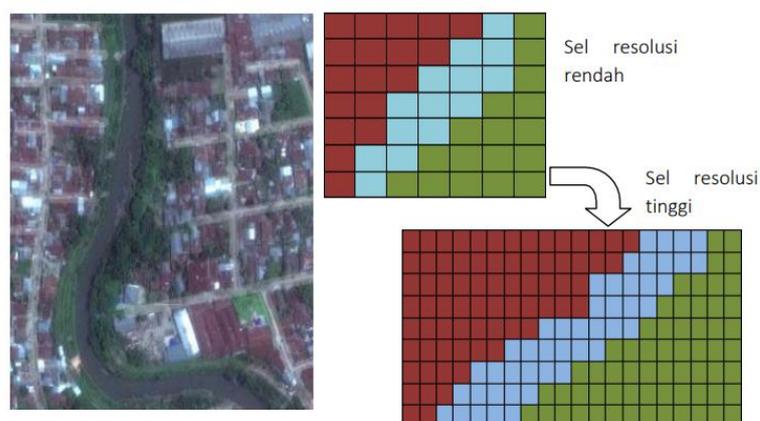
Gambar 2.10 Bentuk Data Raster (Faisol & Indarto, 2012)

Model data raster dapat memberikan informasi spasial pada dunia nyata melalui sel-sel *grid* yang homogen. Susunan piksel dalam layer tersebut menggambarkan berbagai atribut pada setiap lokasi piksel. Piksel diatur dalam baris dan kolom dalam bentuk matriks kartesian seperti yang pada gambar 2.11. Baris mewakili sumbu X sedangkan kolom mewakili sumbu Y. Setiap sel dalam setiap layer data raster memiliki nilai yang mewakili kelas, kategori, atau kelompok tertentu seperti jenis jalan, jenis pemukiman, penggunaan lahan, kualifikasi area, dan sebagainya.



Gambar 2.11 Susunan Sel pada Data Raster (Faisol & Indarto, 2012)

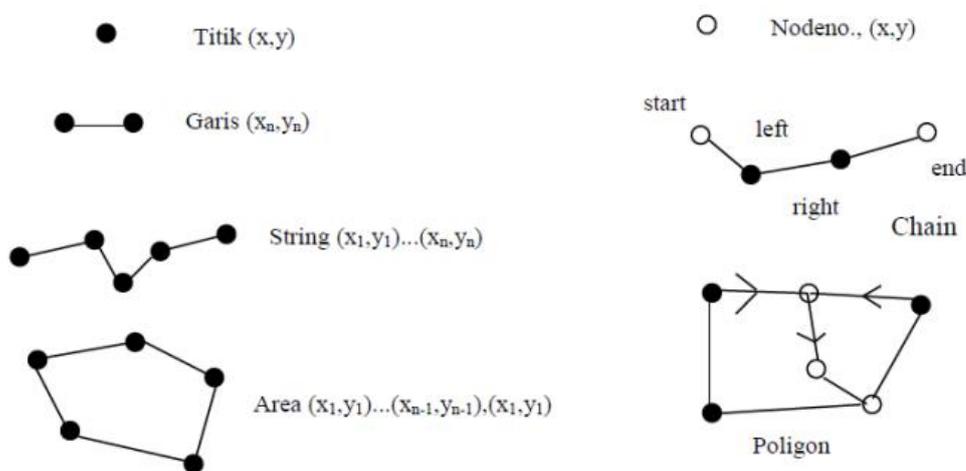
Data raster juga dikenal sebagai hasil citra satelit atau data grid. Hasil citra satelit seperti foto dari udara memiliki struktur piksel yang bervariasi yang dapat digunakan untuk analisis. Sementara itu, data grid adalah data yang dihasilkan dari pengukuran lapangan dan biasanya merupakan konversi data dari sumber lain. Data grid umumnya lebih umum digunakan dalam analisis spasial. Semakin kecil ukuran grid, sel, atau piksel yang direkam, maka resolusinya akan semakin tinggi dan gambar yang dihasilkan akan lebih detail, sehingga informasi yang diperoleh akan lebih akurat seperti yang ditunjukkan gambar 2.12. Namun, semakin kecil ukuran grid tersebut, maka akan membutuhkan ruang penyimpanan data yang lebih besar dan waktu pengolahan data yang lebih lama.



Gambar 2.12 Jenis Resolusi Sel (Faisol & Indarto, 2012)

Terdapat beberapa faktor penting ketika mengkaji sebuah data menggunakan data raster, yaitu pertimbangan terhadap ukuran objek yang akan diproses, waktu pengolahan data yang dibutuhkan, spesifikasi database yang digunakan, besarnya media penyimpanan, dan aplikasi serta analisis yang akan dilakukan. Dengan memperhatikan beberapa faktor tersebut, diharapkan agar data raster sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, karakteristik dari layer data raster perlu diketahui terlebih dahulu untuk memahami lebih lanjut bagaimana data raster bekerja (Faisol & Indarto, 2012). Terdapat beberapa karakteristik layer data raster, yaitu resolusi, zona, domain nilai piksel, dan koordinat piksel. Resolusi merupakan dimensi linier minimum dari satuan terkecil *geographic space* yang dapat direkam. Zona merupakan kumpulan beberapa lokasi yang terdiri dari sel-sel yang terhubung, terpisah, ataupun kedua-duanya. Domain nilai piksel merupakan item

informasi yang disimpan dalam sebuah layer untuk setiap pikselnya. Koordinat piksel merupakan lokasi yang direpresentasikan oleh data raster seperti kolom dan baris (Prahasta, 2014).



Gambar 2.13 Geometri dan Topologi Data Vektor (Kopp, 2001)

Selain data raster, terdapat format data lain pada analisis spasial, yaitu data vektor. Berbeda dengan data raster yang direpresentasikan dalam bentuk piksel, data vektor berisi dominan titik (*point*), garis (*polyline*), dan *polygon* disertai dengan atribut-atribut yang terkait dengan setiap unsur tersebut. Model data vektor digunakan untuk merepresentasikan fenomena nyata di lapangan dalam bentuk titik, garis, dan *polygon*. Contoh penggunaan data titik dalam analisis spasial yaitu saat menggambarkan rumah, kantor, atau suatu lokasi yang dinyatakan dengan koordinat x dan y. Data *polyline* seperti objek jalan raya, jalur kereta api, jalur listrik, dan lainnya. Data *polygon* digunakan untuk mewakili cakupan objek yang lebih besar seperti area pemukiman, luas hutan, luas suatu daerah, dan sebagainya. Gambar 2.13 merupakan bentuk data vektor (Kopp, 2001).

Dalam analisis data vektor terdapat hubungan antar vektor, baik itu titik, *polyline*, dan *polygon*. Terdapat hubungan titik dengan titik, titik dengan line, titik dengan area, line dengan line, line dengan area, dan area dengan area. Hubungan ini ditunjukkan pada gambar 2.14.

Point – Point	Point - Line	Point – Area
<p>"is within" "nearest to"</p>	<p>"on line" "nearest to"</p>	<p>"in area" "on area"</p>
Line – Line	Line - Area	Area – Area
<p>"intersect" "cross" "flow into"</p>	<p>"intersect" "border"</p>	<p>"overlap" "inside" "adjacent to"</p>

Gambar 2.14 Hubungan Topologi Antar Objek Spasial (Kopp, 2001)

2.9 Jumlah Armada

Jumlah optimal armada yaitu jumlah armada yang beroperasi sesuai dengan permintaan penumpang yang ada. Penetapan jumlah armada yang tepat akan memberikan manfaat bagi semua pihak yang terlibat, termasuk penumpang, operator, dan pemerintah. Karena jumlah armada transportasi umum yang melayani suatu rute tertentu berpengaruh pada tingkat pelayanan di rute tersebut, menyediakan jumlah armada yang lebih besar dari kebutuhan dapat memberikan keuntungan bagi penumpang. Kebutuhan jumlah armada tiap rute per jam dirumuskan sebagai berikut (Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 2002; Munawar, 2005; Vuchic, 1981).

$$N = \frac{LR}{V} \times \frac{60}{h} \quad (2.4)$$

Dimana:

N = Jumlah armada

- LR = Panjang rute pulang-pergi (km)
 V = Kecepatan tempuh rencana (km/jam)
 H = *headway* (menit)

Untuk menghitung jumlah armada, perlu diperhatikan beberapa hal seperti *headway*, *load factor*, dan waktu sirkulasi.

2.9.1 *Headway*

Headway merupakan interval waktu antara dua kendaraan berturut-turut yang melewati suatu titik tertentu. *Headway* dihitung dari kedatangan kendaraan pertama hingga kedua pada titik yang sama. Rumus untuk *headway* adalah sebagai berikut (Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 2002; Munawar, 2005; Vuchic, 1981).

$$h = \frac{60 \times LF \times C}{P} \quad (2.5)$$

Dimana:

- h = Waktu antara (menit)
 P = Jumlah penumpang per jam pada sesi terpadat
 C = Kapasitas kendaraan
 LF = *Load factor*, diambil 70% (pada kondisi dinamis)

2.9.2 *Load Factor*

Load factor merupakan perbandingan antara jumlah penumpang dan kapasitas kendaraan angkutan umum. Rumus untuk *load factor* maksimum ditetapkan sebagai berikut (Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 2002; Munawar, 2005; Vuchic, 1981).

$$LF_{max} = \frac{P_{max}}{C_o} \quad (2.6)$$

Dimana:

- LF_{max} = *Load factor* maksimum pada ruas yang jumlah penumpang paling besar
 LR = Jumlah penumpang maksimum pada ruas yang paling padat

C_o = Kapasitas jalur operasional yang dihitung berdasarkan *headway* operasional

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993 terkait Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, nilai *load factor* sebesar 70% sebagai baku, sedangkan 30% adalah cadangan.

2.9.3 Waktu Sirkulasi

Waktu sirkulasi (RTI atau CTaba). Waktu sirkulasi (RTI) dapat dirumuskan sebagai berikut (Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 2002; Munawar, 2005; Vuchic, 1981).

$$RTI_{aba} = (TAB + TBA) + (s_{AB} + s_{BA}) + (TTA + TIB) \quad (2.7)$$

Dimana:

TAB = Waktu perjalanan rata-rata dari A ke B

TBA = Waktu perjalanan rata-rata dari B ke A

s_{AB} = Deviasi waktu perjalanan dari A ke B

s_{BA} = Deviasi waktu perjalanan dari B ke A

TTA = Waktu henti kendaraan di A

TIB = Waktu henti kendaraan di B

2.10 Biaya Operasional Kendaraan

Biaya operasional kendaraan didefinisikan sebagai biaya yang terdiri dari semua faktor terkait dari satu kendaraan dalam kondisi normal untuk mencapai tujuan tertentu. Menurut pertimbangan ekonomi, penting untuk mencapai keseimbangan antara tarif yang diterapkan dan penerimaan yang diperoleh. Dalam konteks ini, pengusaha diharapkan dapat memperoleh keuntungan yang adil, yang memungkinkan kelangsungan dan perkembangan bisnis layanan angkutan umum yang mereka kelola. Komponen biaya operasi kendaraan terbagi menjadi tiga kategori, yaitu biaya tetap (*standing cost*), biaya tidak tetap (*running cost*), dan biaya *overhead* (Rahman, 2012).

2.10.1 Biaya Tetap (*Standing Cost*)

Biaya tetap merupakan pengeluaran yang tetap dan tidak tergantung pada volume produksi. Komponen biaya tetap dapat dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut.

1. Biaya modal kendaraan (BM), mayoritas pengusaha angkutan antar kota dalam provinsi memilih sistem kepemilikan kendaraan melalui kredit dengan bunga yang harus dibayarkan dalam periode waktu tertentu. Pembayaran kredit ini dilakukan dengan jumlah tetap setiap tahun, yang mencakup pembayaran bunga dan pokok pinjaman.
2. Biaya penyusutan (BP), yaitu biaya yang timbul karena penurunan nilai kendaraan seiring berjalannya waktu. Biaya depresiasi bisa dianggap sebagai bagian dari biaya tetap jika umur ekonomis kendaraan dihitung berdasarkan waktu.
3. Biaya perizinan dan administrasi (BPA), setiap kendaraan dikenakan biaya izin tahunan yang ditetapkan oleh pemerintah berdasarkan ukuran dan tahun pembuatan. Biaya ini mencakup biaya STNK, izin trayek, izin usaha, biaya pemeriksaan (KIR), dan pajak kendaraan bermotor (PKB).
4. Biaya asuransi (BA).
5. Biaya gaji/pendapatan awak kendaraan.

2.10.2 Biaya Tidak Tetap (*Running Cost*)

Biaya tidak tetap adalah pengeluaran yang terjadi saat kendaraan beroperasi. Komponen biaya variabel ini mencakup sebagai berikut.

1. Biaya bahan bakar (BBM)
2. Biaya pemakaian ban (PB)
3. Biaya perawatan dan perbaikan kendaraan (PP)
4. Biaya retribusi terminal (BR)

2.10.3 Biaya *Overhead*

Biaya *overhead* merupakan pengeluaran yang tidak langsung terkait dengan operasi kendaraan atau bisnis angkutan penumpang. Biaya ini meliputi biaya operasional kendaraan dan biaya kantor lainnya. Berdasarkan Peraturan Presiden nomor 54 pasal 66, biaya *overhead* yang dianggap wajar bagi penyedia layanan

adalah antara 10 hingga 15%. Namun, persentase biaya *overhead* dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan dan kebijakan masing-masing penyedia layanan. Dalam penelitian ini, digunakan persentase maksimal yaitu 15% dari total Biaya Operasional Kendaraan (BOK). Alternatifnya, biaya *overhead* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$OV = 15\% \times BOK \text{ (/tahun)} \quad (2.10)$$

2.11 Posisi Penelitian

Penelitian terdahulu yang meneliti tentang penentuan lokasi optimum dinilai cukup memadai. Namun, peneliti menilai bahwa masih terdapat ruang untuk kontribusi dalam penelitian pada bidang ini. Penelitian yang membahas terkait rute, jumlah armada, dan biaya penumpang *feeder* telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Feng et al. (2024) melakukan penelitian untuk mengoptimalkan rute bus untuk melayani semua halte ketika terjadi gangguan tak terduga pada jalur kereta dengan tujuan meminimalkan keterlambatan dan frustrasi penumpang. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model *mixed integer nonlinear programming* dengan berbagai macam jenis bus. Untuk mengatasi kompleksitas interval waktu yang bervariasi dalam jaringan bus, sebuah algoritma disesuaikan dan disimulasikan dengan monte carlo. Didapatkan peningkatan yang signifikan yaitu mengurangi total keterlambatan penumpang sebesar 37.23%. J. Chen et al. (2017) mengusulkan sebuah metodologi untuk desain optimal rute bus pinggiran kota yang memiliki akses ke bandara. Li et al. (2024) melakukan penelitian untuk menangani permasalahan alokasi armada bus publik secara efisien di daerah perkotaan. Model *distributionally robust optimization* yang diusulkan untuk mengatasi permasalahan kompleks seperti permintaan yang tidak pasti. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kemampuan komputasi sebesar 3.39% dan peningkatan efisiensi sebesar 5.32% dibandingkan dengan algoritma heuristik lainnya. Tian et al. (2021) melakukan penelitian terkait integrasi kendaraan *autonomous* dalam sistem bus. Pada penelitian ini diusulkan model untuk menentukan ukuran armada bus yang optimal dan distribusinya pada rute-rute yang berbeda dengan pertimbangan ketidakpastian permintaan. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu

mixed integer random programming dan *sample average approximation*. Sadrani et al. (2022) melakukan penelitian terkait penjadwalan armada bus yang heterogen, dengan ukuran bervariasi dalam halte yang sama. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *mixed integer nonlinear programming* untuk mengoptimalkan urutan maupun waktu penjadwalan bus dan memperhitungkan waktu perjalanan dengan tujuan meminimalkan waktu tunggu penumpang. Dai et al. (2020) melakukan pengembangan *model integer nonlinear programming* untuk mengoptimalkan waktu *headway* dan kapasitas bus. Model ini mencakup bus yang dikendalikan oleh manusia maupun *autonomous* dengan tujuan untuk meminimalkan biaya operasional dan biaya pada penumpang, waktu tunggu, waktu tunggu tambahan, dan waktu perjalanan. Durango-Cohen & McKenzie (2018) membuat model optimasi untuk merancang armada bus transit dengan mempertimbangkan biaya, tingkat layanan, dan dampak lingkungan. Model ini bertujuan untuk meminimalkan biaya *life cycle* dengan mematuhi batasan pada frekuensi layanan dan kapasitas penumpang. Cong et al. (2024) melakukan penelitian terkait operasional pengelolaan armada bus berbahan bakar dan bus listrik pada beberapa rute dengan pendekatan optimasi kolaboratif. Pendekatan ini menggunakan model *nonlinear programming* untuk meminimalkan biaya operasional yaitu pembelian kendaraan, pengisian daya, pengisian bahan bakar, dan biaya tenaga kerja. Pengembangan algoritma *annealing* digunakan untuk menyelesaikan model ini. Metode yang diusulkan ini diterapkan pada tiga rute dan menunjukkan peningkatan yang signifikan yaitu penurunan perubahan kendaraan sebesar 21.43%, biaya tenaga kerja pengemudi sebesar 2.04%, dan biaya operasional sebesar 0.82%. Yadan et al. (2013) mengembangkan model untuk desain jaringan transit yang mempertimbangkan waktu perjalanan stokastik. Model tersebut bertujuan untuk meminimalkan biaya operator serta variabilitas dalam biaya tersebut. Berbagai batasan dimasukkan dalam model untuk menangani cakupan permintaan, batas frekuensi, ukuran armada, *load factor*, dan waktu perjalanan. Xia et al. (2023) melakukan penelitian untuk mengoptimalkan jadwal dan rencana alokasi kapasitas dinamis dalam sistem otomatis bus. Model ini mempertimbangkan permintaan penumpang yang tidak pasti dan bergantung pada waktu. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan biaya penumpang dan biaya

operator. Melis & Sörensen (2022) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengoptimalkan rute bus secara *real-time* berdasarkan permintaan dinamis untuk mengurangi waktu tunggu dan waktu perjalanan pengguna, meningkatkan kepuasan pengguna, dan meningkatkan pendapatan bus. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu algoritma *large neighborhood search* (LNS). Imam et al. (2020) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi beberapa tipe bus yang akan digunakan untuk rute utama. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *cost-benefit analysis*. Gschwender et al. (2016) menggunakan *cost analysis* untuk membandingkan struktur jalur pengumpan utama dan langsung dalam jaringan transportasi umum perkotaan untuk meminimalkan *total cost*. Kim & Schonfeld (2013) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengoptimalkan sistem transportasi bus dengan membandingkan layanan bus untuk mengurangi *total cost*. X. Chen et al. (2021) menggunakan *two-stage heuristic algorithm* dan *cost analysis* untuk mengoptimalkan biaya operasional dan keuntungan penumpang dalam layanan *customized bus service*. Ciaffi et al. (2012) melakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan integrasi dan efisiensi dalam desain jaringan bus *feeder* dengan menggunakan metode *heuristic algorithm*, *genetic algorithm*, dan *cost analysis*. Sipetas et al. (2023) menggunakan metode *numerical analysis* untuk menyesuaikan rute dan mengoptimalkan jadwal bus ketika terdapat gangguan jalan. Tabel 2.8 merangkum penelitian yang terkait dengan penelitian ini.

Tabel 2. 8 Posisi Penelitian

No	Penulis	Judul	Route	Fleet	Cost	Solution Method	Tujuan Penelitian
1	Ciaffi et al. (2012)	Feeder bus network design problem a new metaheuristic procedure and real size applications	V		V	Heuristic Algorithm, Genetic Algorithm, Cost Analysis	Meningkatkan integrasi dan efisiensi dalam desain jaringan bus feeder
2	Kim & Schonfeld (2013)	Integrating bus services with mixed fleets		V	V	Analytic Optimization, Genetic Algorithm	Mengoptimalkan sistem transportasi bus dengan membandingkan layanan bus untuk mengurangi total cost
3	Yadan et al. (2013)	Robust optimization model of bus transit network design with stochastic travel time			V	Robust Optimization Model, Heuristic Solution Approach	Mengembangkan model untuk meminimalkan biaya operator yang diharapkan dan variabilitas biaya tersebut
4	Gschwender et al. (2016)	Feeder-trunk or direct lines Economies of density, transfer costs and transit structure in an urban context		V	V	Cost Analysis	Membandingkan struktur jalur pengumpan utama dan langsung dalam jaringan transportasi umum perkotaan untuk meminimalkan total cost
5	J. Chen et al. (2017)	Design of suburban bus route for airport access	V			Formulation of TNDP, Robust Optimization Model, Heuristic Solution Approach	Mengusulkan metodologi untuk desain optimal rute bus yang menyediakan akses ke bandara.
6	Durango-Cohen & McKenzie (2018)	Trading off costs, environmental impact, and levels of service in the optimal design of transit bus fleets		V	V	Evaluasi tradeoff kompleks antara biaya, persyaratan level-of-service, dan dampak lingkungan menggunakan model optimasi.	Mengembangkan model optimasi armada bus transit untuk meminimalkan life cycle cost dengan mempertimbangkan tingkat layanan dan dampak lingkungan

Tabel 2. 8 Posisi Penelitian (lanjutan)

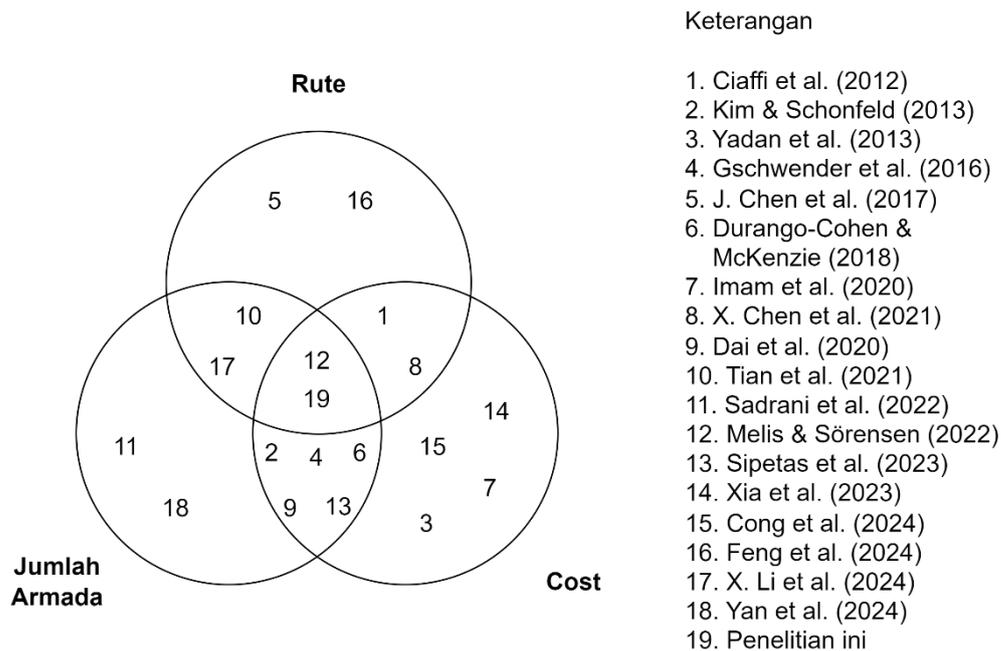
No	Penulis	Judul	Route	Fleet	Cost	Solution Method	Tujuan Penelitian
7	Imam et al. (2020)	Exploring Low-Carbon Bus Options for Urban BRT Systems The Case of Amman			V	Cost-Benefit Analyses	Mengevaluasi beberapa tipe bus yang akan digunakan untuk rute utama
8	X. Chen et al. (2021)	Customized bus route design with pickup and delivery and time windows Model, case study and comparative analysis	V		V	Two-stage Heuristic Algorithm, Cost Analysis	Mengoptimalkan biaya operasional dan keuntungan penumpang dalam layanan customized bus service
9	Dai et al. (2020)	Joint optimization of scheduling and capacity for mixed traffic with autonomous and human-driven buses: A dynamic programming approach		V	V	MIP, NLP	Mengembangkan model pemrograman non-linear integer untuk optimasi waktu kedatangan dan kapasitas bus untuk meminimalkan biaya operasional dan biaya penumpang
10	Tian et al. (2021)	Autonomous and conventional bus fleet optimization for fixed-route operations considering demand uncertainty	V	V		Mixed Integer Random Programming, Sample Average Approximation	Mengembangkan model untuk menentukan ukuran dan distribusi optimal armada bus pada berbagai rute dengan mempertimbangkan ketidakpastian permintaan
11	Sadrani et al. (2022)	Vehicle dispatching plan for minimizing passenger waiting time in a corridor with buses of different sizes: Model formulation and solution approaches		V		Mixed Integer Nonlinear Programming (MINLP) Model	Mengoptimalkan urutan dan waktu pengiriman bus untuk meminimalkan waktu tunggu penumpang
12	Melis & Sörensen (2022)	The real-time on-demand bus routing problem: The cost of dynamic requests	V	V	V	Large Neighborhood Search (LNS)	Pemetaan rute bus on-demand real-time untuk mengoptimalkan rute bus berdasarkan permintaan dinamis

Tabel 2. 8 Posisi Penelitian (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Route	Fleet	Cost	Solution Method	Tujuan Penelitian
13	Sipetas et al. (2023)	Mixed fleets of automated and human-driven vehicles in public transport systems An evaluation of feeder line services		V	V	Numerical Analysis	Menyesuaikan rute dan mengoptimalkan jadwal bus ketika terdapat gangguan jalan
14	Xia et al. (2023)	Data-driven distributionally robust timetabling and dynamic-capacity allocation for automated bus systems with modular vehicles			V	Robust Optimization Model	Mengoptimalkan jadwal sistem bus dengan mempertimbangkan permintaan penumpang yang tidak pasti untuk meminimalkan biaya tunggu penumpang dan biaya operator
15	Cong et al. (2024)	Collaborative vehicle-crew scheduling for multiple routes with a mixed fleet of electric and fuel buses			V	Formulasi model pemrograman nonlinier, algoritma simulated annealing, analisis kasus dengan data riil.	Meningkatkan efisiensi dan efektivitas biaya dalam mengelola armada yang terdiri dari bus bahan bakar konvensional dan bus listrik
16	Feng et al. (2024)	Bus routing fine-tuning for integrated network-based demand and bus bridging for a disrupted railway system	V			Mixed integer nonlinear programming, Monte Carlo simulation	Mengembangkan metode optimasi rute bus yang mengurangi keterlambatan dan frustrasi penumpang selama gangguan kereta api

Tabel 2. 8 Posisi Penelitian (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Route	Fleet	Cost	Solution Method	Tujuan Penelitian
17	Li et al. (2024)	Minimizing passenger waiting time in the multi-route bus fleet allocation problem through distributionally robust optimization and reinforcement learning	V	V		Distributionally Robust Optimization (DRO) Model, Multi-Operator Genetic Algorithm	Mengembangkan dan mengevaluasi model optimasi untuk alokasi armada bus di daerah perkotaan, terutama pinggiran kota
18	Yan et al. (2024)	Electric bus fleets during urban flash floods: A mixed bus fleet strategy		V		Linear Programming	Mengembangkan strategi armada bus listrik dan diesel yang optimal untuk mempertahankan layanan transportasi perkotaan selama terjadi banjir
19	Haq & Gunarta (2024)	Perencanaan Rute, Kebutuhan Armada, dan Biaya Feeder Bus Listrik di Kawasan Pariwisata Kuta Sebagai Integrasi Transportasi Umum Lrt di Bali	V	V	V	GIS, Open-Source Spreadsheet Solver, Cost Analysis	Mengidentifikasi rute bus, menganalisis jumlah armada dan biaya penumpang feeder bus listrik



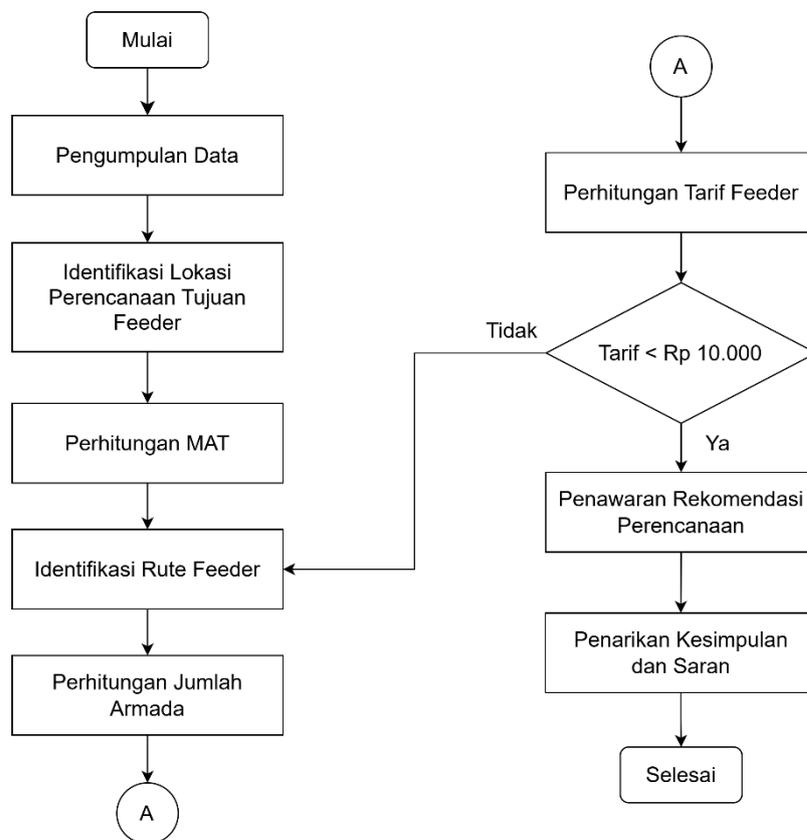
Gambar 2. 15 Posisi Penelitian

Berdasarkan gambar 2.15, penelitian dari Melis & Sörensen (2022) memiliki penelitian yang membahas terkait rute, jumlah armada, dan *cost* untuk layanan transportasi bus umum, namun terdapat beberapa perbedaan yaitu.

1. Penelitian dilakukan untuk pengujian algoritma yang disimulasikan pada suatu kasus.
2. Pengoptimalan rute bus berdasarkan *static* dan *dynamic request*. Pengoptimalan ini berdasarkan permintaan *real-time* yang mana rute dapat berubah saat bus sedang beroperasi. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan proporsi *static* dan *dynamic request* yang bervariasi.
3. Jumlah armada bus ditentukan proporsional terhadap *request*. Dalam simulasi yang dilakukan, jumlah armada ditentukan mulai dari 350 sampai 550 bus. Kemudian akan dicari apakah dengan jumlah armada tersebut dapat memenuhi *request* yang ada.
4. Biaya penumpang bergantung dari *user ride time* dan *waiting time*. Dimana setelah dilakukan simulasi, *cost* dari *dynamic request* lebih besar daripada *static request*. Ketika *request* semakin banyak, *cost* yang dibebankan pada pengguna akan semakin kecil.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang akan dilakukan didalam penelitian. Metodologi penelitian yang dijelaskan pada gambar 3.1 ini digunakan sebagai acuan agar penelitian yang dilakukan sesuai dengan *framework* penelitian.



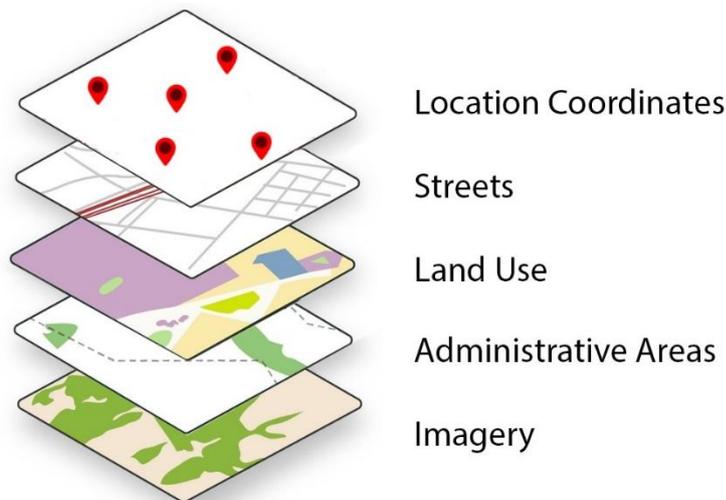
Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan pengumpulan data yang akan digunakan pada penelitian ini. Pengumpulan data meliputi data spasial, data operasional, dan data numerik yang dirangkum pada tabel 3.1. Data yang dikumpulkan akan dilanjutkan dengan pengolahan data. Berikut merupakan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

3.1.1 Data Spasial

Data spasial memiliki informasi terkait lokasi yang akan dilakukan penelitian. Data spasial ini meliputi data kawasan pariwisata Kuta, peta akses jalan, dan data SPKLU eksisting yang diperoleh dari peta RBI dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). Kemudian terdapat juga data Lokasi perencanaan tujuan *feeder* yang bersumber dari Dinas PUPR, Dinas Perhubungan, dan Dinas Pariwisata.



Gambar 3. 2 Layer Data Spasial

3.1.2 Data Operasional

Data operasional merupakan data terkait operasional kendaraan yang akan diteliti, yaitu bus listrik ukuran kecil dengan kapasitas penumpang sebanyak 23 orang. Data ini meliputi spesifikasi bus listrik yang bersumber dari website SAG *Golden Dragon*.

3.1.3 Data Numerik

Terdapat beberapa data numerik yang harus dikumpulkan untuk penelitian ini. Data biaya yang terkait dengan bus listrik dan perencanaan *feeder* di kawasan pariwisata Kuta. Selain itu terdapat juga data mengenai potensi *demand* pengguna *feeder* berdasarkan perencanaan LRT yang menghubungkan Bandara I Gusti Ngurah Rai dengan kawasan pariwisata Kuta yang diperoleh dari Hermawati & Bahtiar (2021) dan jumlah hotel yang berada di kawasan pariwisata Kuta per kecamatan.

Tabel 3. 1 Data yang Dikumpulkan

Tipe Data	Data	Sumber
Spasial	Peta dasar	Peta RBI, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), Dinas PUPR, Dinas Pariwisata, dan Dinas Perhubungan
	Kawasan pariwisata Kuta	
	Penggunaan lahan	
	Akses jalan	
	Lokasi perencanaan tujuan <i>feeder</i>	
Operasional	Spesifikasi bus listrik	SAG Golden Dragon
Numerik	Biaya bus listrik	SAG Golden Dragon
	Potensi <i>demand</i> LRT Bandara I Gusti Ngurah Rai ke kawasan pariwisata Kuta	Hermawati & Bahtiar (2021)

3.2 Identifikasi Lokasi Perencanaan Tujuan *Feeder*

Pada tahapan ini akan dilakukan identifikasi lokasi perencanaan tujuan *feeder*. Data lokasi telah didapatkan dari tahap sebelumnya, yaitu tahap pengumpulan data. Akan dilakukan wawancara dan *focus group discussion* (FGD) dengan ahli perencanaan yaitu Kepala Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kabupaten Badung Bali.



Gambar 3. 3 Peta Kabupaten Badung

Kemudian lokasi yang telah didapatkan akan dimasukkan kedalam peta pada gambar 3.3 untuk melihat titik-titik lokasi. Lokasi yang telah dipetakan akan dilanjutkan dengan pemetaan titik lokasi yang berdekatan. Lokasi-lokasi inilah yang akan menjadi lokasi tujuan dari *feeder* bus listrik.

3.3 Analisis MAT

Tahapan ini dilakukan berdasarkan lokasi yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Akan dihitung jarak antar lokasi. Akan digunakan aplikasi *open source spreadsheet solver* yang terintegrasi dengan aplikasi *maps*. Langkah pertama yaitu dengan memasukkan data berupa *latitude* dan *longitude* dari setiap lokasi yang telah ditentukan seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 *Latitude* dan *Longitude* Setiap Lokasi

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)
0	Depot			
1	Customer 1			
2	Customer 2			
3	Customer 3			
4	Customer 4			
5	Customer 5			
6	Customer 6			
7	Customer 7			
8	Customer 8			
9	Customer 9			
10	Customer 10			

Dari *input* akan diproses dengan mengintegrasikan dengan aplikasi *maps*. Akan didapatkan hasil berupa jarak asal tujuan dan juga durasi dari masing masing lokasi seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Jarak dan Durasi Asal Tujuan Setiap Lokasi

From	To	Distance
Depot	Depot	0.00
Depot	Customer 1	0.00
Depot	Customer 2	0.00
Depot	Customer 3	0.00
Depot	Customer 4	0.00
Depot	Customer 5	0.00
Depot	Customer 6	0.00
Depot	Customer 7	0.00
Depot	Customer 8	0.00
Depot	Customer 9	0.00
Depot	Customer 10	0.00
Customer 1	Depot	0.00
Customer 1	Customer 1	0.00
Customer 1	Customer 2	0.00

Tabel 3. 3 Jarak dan Durasi Asal Tujuan Setiap Lokasi (lanjutan)

From	To	Distance
Customer 1	Customer 3	0.00
Customer 1	Customer 4	0.00
Customer 1	Customer 5	0.00
Customer 1	Customer 6	0.00
Customer 1	Customer 7	0.00
Customer 1	Customer 8	0.00
Customer 1	Customer 9	0.00
Customer 1	Customer 10	0.00
Customer 2	Depot	0.00

Kemudian hasil tersebut akan dipetakan menjadi matriks asal tujuan seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3. 4 Matriks Asal Tujuan

TD	Depot	Customer 1	Customer 2	Customer 3	Customer 4	Customer 5	Customer 6	Customer 7	Customer 8	Customer 9	Customer 10
Depot											
Customer 1											
Customer 2											
Customer 3											
Customer 4											
Customer 5											
Customer 6											
Customer 7											
Customer 8											
Customer 9											
Customer 10											

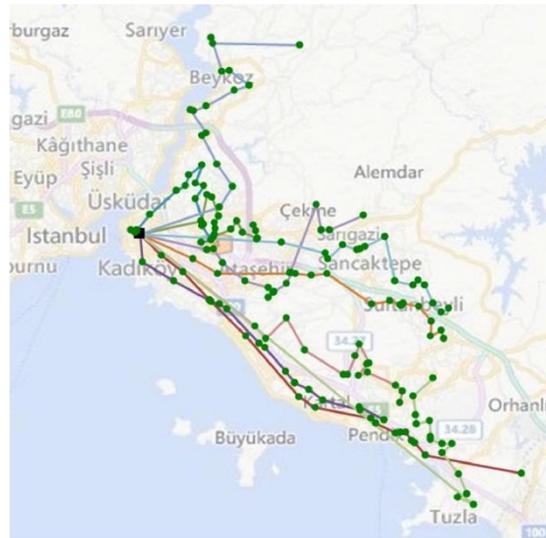
3.4 Identifikasi Rute Feeder

Identifikasi rute *feeder* dilakukan berdasarkan hasil analisis MAT dengan menggunakan *open source spreadsheet solver*. Terdapat beberapa parameter yang digunakan, yaitu jarak antar lokasi, detail rute, dan kecepatan rata-rata kendaraan seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Parameter Penentuan Rute

Parameter	Value
Distance computation method	
Duration computation method	
Bing Maps travel mode	
Bing Maps route type	
Bing Maps route detail level	
Average vehicle speed	

Kemudian akan dimasukkan spesifikasi kendaraan yang digunakan yaitu bus listrik dengan kapasitas 23 orang. Selanjutnya akan dilakukan *running*. Hasil *running* akan memperoleh peta rute *feeder* seperti pada gambar 3.4, jumlah rute feeder, jarak total, dan waktu tempuh yang dilalui oleh *feeder* pada setiap rute.



Gambar 3. 4 Jaringan Rute

3.5 Perhitungan Jumlah Armada

Perhitungan jumlah armada dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.4 dimana diperlukan data panjang rute pulang-pergi yang didapatkan dari tahapan sebelumnya, yaitu tahap penentuan rute *feeder*, data potensi *demand* pengguna *feeder* berdasarkan perencanaan LRT yang menghubungkan Bandara I Gusti Ngurah Rai dengan kawasan pariwisata Kuta yang kemudian akan dilakukan analisis berdasarkan jumlah penumpang per sesinya yang dapat ditampung oleh *feeder* berdasarkan jumlah sesi terpadat Bus Trans Sarbagita yang diperoleh dari survei yang dilakukan oleh G. Rm (2016), waktu operasional *feeder* mengikuti waktu operasional Bus Trans Sarbagita yaitu pukul 06.00 – 21.00 Wita (Soimun et al., 2021), kecepatan tempuh *feeder* yang diasumsikan 60 km/jam berdasarkan Perjanjian Kinerja Tahun 2021 Dinas Perhubungan Provinsi Bali, dan *headway*. Perhitungan *headway* menggunakan persamaan 2.5 dimana kapasitas kendaraan didapatkan dari tahapan pengumpulan data, jumlah penumpang per jam per sesi terpadat diasumsikan berdasarkan tahapan analisis *demand*, dan *load factor* 70% sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993. Akan didapatkan jumlah armada yang diperlukan untuk transportasi *feeder* di kawasan pariwisata Kuta. Kemudian setelah jumlah armada telah didapatkan, akan dilakukan analisis sensitivitas karena terdapat keterbatasan bus listrik yaitu harus melakukan

pengisian daya yang membutuhkan waktu, sehingga perlu dilakukan penyesuaian untuk jumlah armada bus listrik tiap-tiap rute.

3.6 Perhitungan Biaya Penumpang *Feeder*

Pada tahap perhitungan biaya penumpang *feeder*, akan digunakan data biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya *overhead* yang didapatkan dari tahapan pengumpulan data dengan menggunakan metode yang dilakukan oleh Ramadhan (2014). Data ini berdasarkan bus listrik yang digunakan untuk transportasi *feeder*. Kemudian data ini diolah menggunakan persamaan yang sebelumnya telah dibahas pada bab 2.8. Dari perhitungan biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya *overhead* per penumpang akan didapatkan hasil biaya penumpang *feeder* per penumpang per perjalanan.

3.7 Penawaran Rekomendasi Perencanaan

Setelah ditemukan skenario yang terbaik di antara semua skenario yang dirancang, maka skenario terbaik dapat ditawarkan sebagai rekomendasi perencanaan *feeder* pada kawasan pariwisata Kuta. Dalam hal ini, akan terjadi diskusi antara penulis dengan perencana untuk menilai kelayakan rekomendasi perencanaan.

3.8 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini penulis akan menyampaikan kesimpulan atas penelitian yang dilakukan terutama pada hasil perencanaan yang ditawarkan. Selain itu, penulis akan menyampaikan saran pengembangan penelitian yang dapat dilakukan di masa mendatang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dibahas secara spesifik tahap pengumpulan data dan pengolahan data. Data yang dikumpulkan berasal dari berbagai sumber. Pengolahan dilakukan atas data yang dikumpulkan.

4.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini akan dikumpulkan tiga jenis data, yaitu data spasial, data operasional, dan data numerik.

4.1.1 Data Spasial

Data spasial berperan penting dalam memahami dan mengelola karakteristik geografis suatu wilayah. Data spasial digunakan untuk berbagai tujuan seperti perencanaan kota, pengelolaan sumber daya, perencanaan rute, dan pengembangan pariwisata (Yudono, 2018b). Ada beberapa jenis data spasial yang digunakan yaitu, data peta kawasan pariwisata Kuta, akses jalan, dan lokasi perencanaan tujuan *feeder*.

4.1.1.1 Kawasan Pariwisata Kuta

Kawasan pariwisata Kuta merupakan kawasan yang berada di Kabupaten Badung. Zonasi kawasan ini meliputi tiga klaster. Klaster satu kawasan pariwisata Kuta meliputi Cemagi, Munggu, Pererenan, Canggu, Tibubeneng dan Krobokan. Klaster dua kawasan pariwisata Kuta meliputi Kerobokan Kelod, Seminyak, Legian dan Kuta. Dan klaster tiga kawasan pariwisata Kuta meliputi Tuban dan Kedonganan (badungkab.go.id). Kawasan ini termasuk ke dalam Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Kabupaten Badung. Secara geografis, kawasan pariwisata Kuta ini terdapat pada tiga kecamatan, yaitu Kuta, Kuta Utara, dan Mengwi. Kecamatan Kuta memiliki luas sebesar 17,52 km² dengan lima kelurahan yaitu Kedongan, Tuban Kuta, Legian, dan Seminyak. Kecamatan Kuta Utara memiliki luas sebesar 33,86 km², memiliki desa sebanyak tiga, yaitu Desa Tibubeneng, Canggu, dan Calung serta kelurahan sebanyak tiga, yaitu Kelurahan Kerobokan Kelod, Kerobokan, Kerobokan Kaja. Kecamatan Mengwi memiliki luas

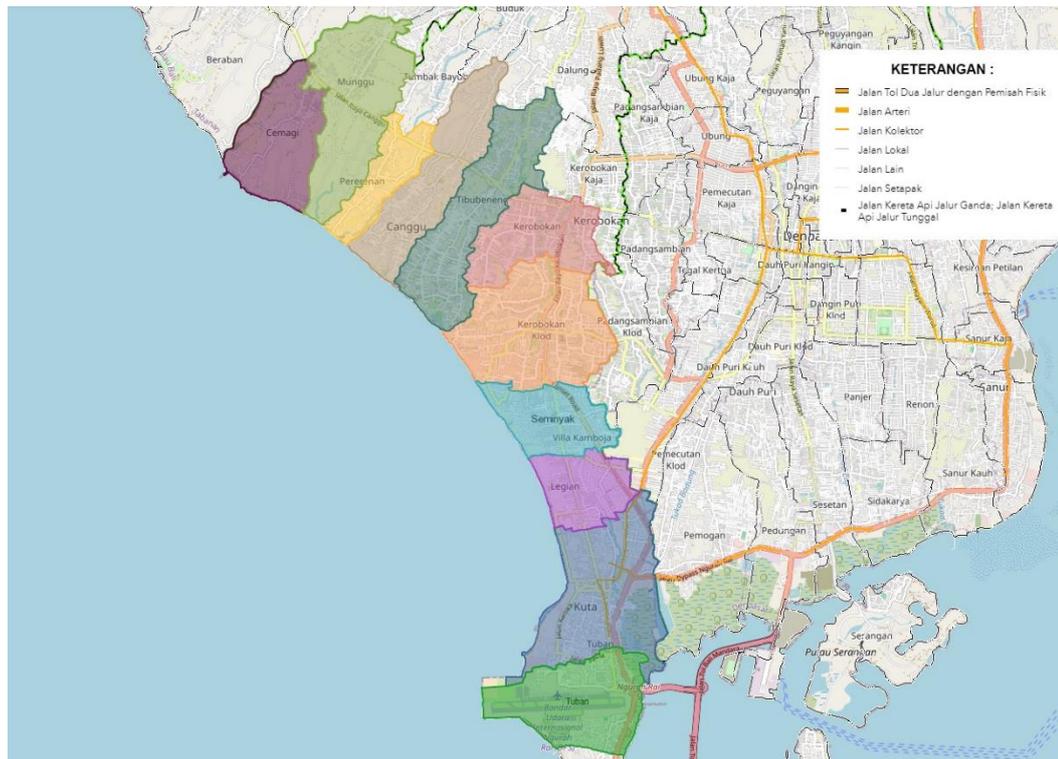
sebesar 82 km² dengan total 20 desa. Desa Munggu dan Cemagi termasuk dalam wilayah Kecamatan Mengwi. Perencanaan *feeder* bus listrik di kawasan pariwisata Kuta berdasar pada pembangunan LRT di Bali, dimana stasiun LRT akan berada pada lima titik, yaitu Bandara I Gusti Ngurah Rai, Kuta, Seminyak, Tibubeneng dan Canggu, Munggu dan Cemagi. Gambar 4.1 merupakan peta Kuta, Seminyak, Tibubeneng, Canggu, Munggu, dan Cemagi.



Gambar 4. 1 Peta Kawasan Pariwisata Kuta

4.1.1.2 Peta Akses Jalan

Peta akses jalan kawasan pariwisata Kuta mencakup tiga kecamatan utama, yaitu Kuta, Kuta Utara, dan Mengwi. Kawasan ini dikenal dengan jaringan jalan yang kompleks dan padat, terutama karena kawasan ini merupakan destinasi wisata. Jalan utama seperti Jalan Raya Kuta dan Jalan Sunset Road menghubungkan berbagai objek wisata, hotel, dan pusat perbelanjaan. Di Kuta Utara, Jalan Pantai Berawa dan Jalan Batu Bolong adalah rute penting yang mengarah ke beberapa pantai yang berada pada daerah tersebut. Mengwi memiliki jalan utama seperti Jalan Raya Mengwi yang menghubungkan beberapa desa tradisional dengan pusat kegiatan wisata. Gambar 4.2 merupakan peta akses jalan di kawasan pariwisata Kuta.



Gambar 4. 2 Peta Akses Jalan

4.1.1.3 Lokasi Perencanaan Tujuan *Feeder*

Lokasi perencanaan tujuan *feeder* berasal dari bali.com dimana terdapat hotel, villa, pusat perbelanjaan, dan lokasi pariwisata. lokasi ini mencakup beberapa wilayah, yaitu Kuta, Seminyak, Canggu, Tibubeneng, Munggu, dan Cemagi. Terdapat sebanyak 84 lokasi yang direncanakan dimana lima diantaranya merupakan lokasi stasiun LRT yang direncanakan di Bali. Kelima stasiun tersebut adalah Stasiun Ngurah Rai, TOD Central Park Kuta, Stasiun Seminyak Sunset Road, Stasiun Tibubeneng Canggu, dan Stasiun Munggu Cemagi. Lokasi-lokasi lainnya merupakan lokasi yang berada di sekitar kelima lokasi perencanaan stasiun LRT tersebut. Tabel 4.1 merupakan lokasi perencanaan tujuan *feeder*.

Tabel 4. 1 Lokasi Perencanaan Tujuan *Feeder*

No.	Nama Lokasi	No.	Nama Lokasi
1	Stasiun Ngurah Rai	43	Kanvaz Village Resort
2	TOD Central Park Kuta	44	Pererenan Beach
3	Stasiun Seminyak Sunset Road	45	Pantai Canggu
4	Stasiun Tibubeneng Canggu	46	Nelayan Beach (Canggu)
5	Stasiun Munggu Cemagi	47	Berawa Beach

Tabel 4. 1 Lokasi Perencanaan Tujuan *Feeder* (lanjutan)

No.	Nama Lokasi	No.	Nama Lokasi
6	Kuta Beach Bali	48	ZIN Canggu Resort & Villas
7	Segara Beach Kuta	49	Ecozy Dijiwa Canggu
8	Pantai Jerman (German Beach)	50	The Haven Suites
9	Legian Beach	51	Aston Canggu Beach Resort
10	Aloft Bali Kuta at Beachwalk	52	COMO Uma Canggu
11	The Stones Hotel	53	Eastin Astha Resort Canggu
12	Four Points by Sheraton Kuta	54	Kemilau Canggu
13	Sheraton Bali Kuta Resort	55	Hotel Tugu Bali
14	Anvaya Beach Resort Bali	56	Lv8 Resort Hotel
15	Discovery Kartika Plaza Hotel	57	Pantai Munggu
16	Amnaya Hotel and Resort	58	Villa Primarosa
17	Bali Garden Beach Resort	59	Bruann Residence
18	Pullman Legian Bali Beach	60	Casa Nara Bali
19	Legian Beach Hotel	61	Villa Keliki
20	Bali Mandira Beach Resort & Spa	62	Villa Yaouh
21	Padma Resort Legian	63	Casa Yemi
22	Away Bali Legian Camakila	64	Kak Okoh Guest House
23	Bali Nikosoma Boutique Beach Resort	65	Kubu Kayu Home Stay
24	Fairfield By Marriott Bali Kuta Sunset Road	66	Sawah Bali Guest House
25	Fairfield by Marriott Bali Legian	67	Pantai Cemagi
26	Batu Belig Beach	68	Villa KaRein
27	Petitenget Beach	69	Ulin Dreams Cemagi Complex Villa
28	Seminyak Beach	70	The Kd Suites & Coffee Shop
29	Double Six Beach	71	The Ume
30	W Bali – Seminyak	72	Villa Semarapura
31	Potato Head Suites	73	Villa Florimar
32	Courtyard by Marriott Bali	74	Udara Bali Yoga Detox & Spa
33	Four Points by Sheraton Bali	75	Seseh Beach Villas
34	The Oberoi Beach Resort	76	Rich Village by Serendipity
35	The Bandha Hotel & Suites	77	Sejuk Beach Villas
36	Grand Seminyak Bali Resort	78	Bali Natha Beachfront Bungalows

Tabel 4. 1 Lokasi Perencanaan Tujuan *Feeder* (lanjutan)

No.	Nama Lokasi	No.	Nama Lokasi
37	Blue Karma Dijiwa Seminyak	79	Ombak Luxury Residence
38	The Trans Resort Bali	80	Jagaditha
39	The Legian Seminyak	81	The Beach Villa Cemagi
40	Alila Seminyak	82	Villa Tukad Alit/KISARA
41	Blu-Zea Resort	83	Pepito Market
42	The Seminyak Beach Resort & Spa	84	Villa Batu Sari

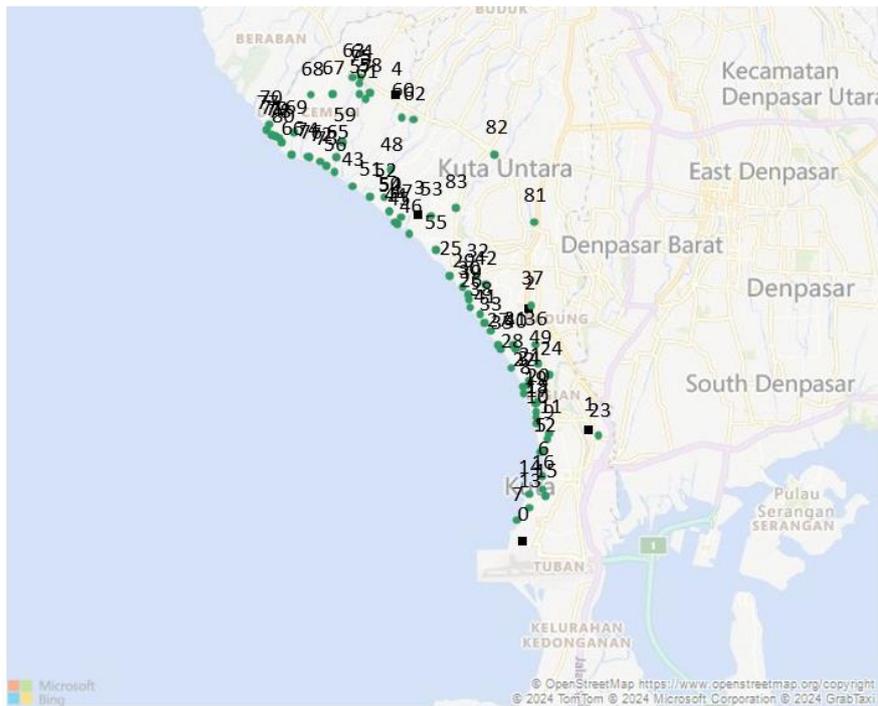
Sumber: bali.com

Kelima lokasi stasiun LRT merupakan lokasi yang langsung terhubung dengan Bandara I Gusti Ngurah Rai. Pembangunan LRT ini merupakan rencana yang dikelola oleh Dinas PUPR Kabupaten Badung. Gambar 4.3 merupakan perencanaan LRT di Kuta.



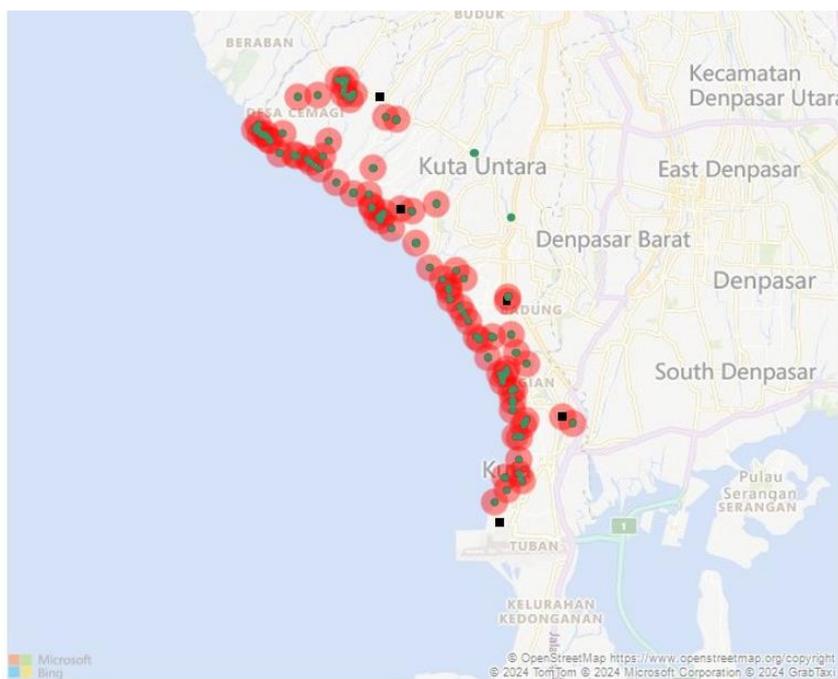
Gambar 4. 3 Perencanaan LRT di Kuta

Lokasi dari kelima stasiun sudah ditentukan sebelumnya. Sebanyak 84 lokasi tersebut akan dimasukkan ke dalam peta untuk memudahkan memetakan lokasi-lokasi yang berdekatan dan potensial untuk menjadi lokasi tujuan *feeder*. Lokasi perencanaan tersebut berada pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Peta Lokasi Perencanaan Tujuan *Feeder*

Jika dilihat berdasarkan peta, terdapat beberapa lokasi yang berdekatan. Lokasi yang berdekatan ini dapat menyebabkan rute yang dilalui *feeder* menjadi kurang efisien karena terlalu banyak lokasi pemberhentian. Oleh karena itu akan dipetakan beberapa lokasi berdasarkan areanya seperti pada gambar 4.5.

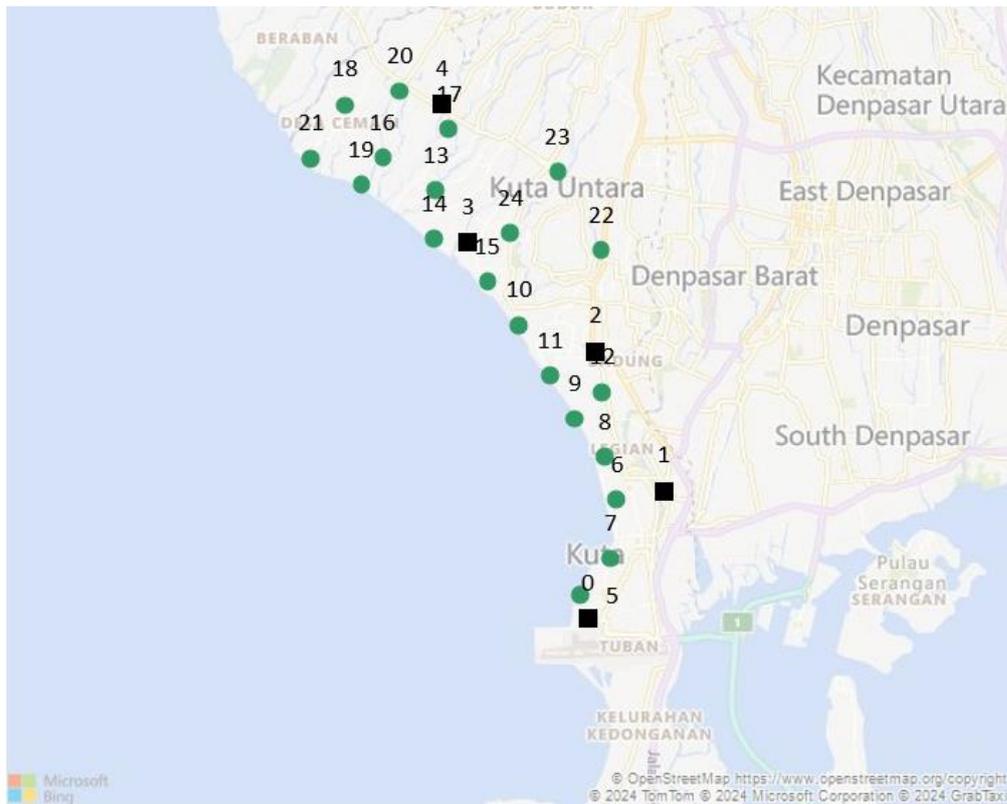


Gambar 4. 5 Pemetaan Lokasi Perencanaan Tujuan *Feeder*

Pada gambar 4.5 terdapat beberapa titik yang dilingkari oleh lingkaran merah. Lingkaran merah ini menandakan sebuah area yang titik lokasi di dalamnya berdekatan. Kemudian lokasi yang berada dalam satu area ini dijadikan menjadi sebuah titik lokasi tujuan *feeder*. Lokasi inilah yang kemudian akan menjadi tujuan dari feeder. Lokasi-lokasi tersebut berada pada tabel 4.2 dan dipetakan pada gambar 4.6 dengan nomor pada tabel sesuai dengan peta.

Tabel 4. 2 Lokasi Tujuan *Feeder*

No.	Lokasi
0	Ngurah Rai Station
1	TOD Central Park Kuta
2	Seminyak Sunset Road Station
3	Tibubeneng Canggu Station
4	Munggu Cemangi Station
5	German Beach
6	Aloft Bali Kuta at Beachwalk
7	Bali Garden Beach Resort
8	Padma Resort Legian
9	Double Six Beach
10	W Bali – Seminyak
11	The Oberoi Beach Resort
12	Blue Karma Dijiwa Seminyak
13	Ecozy Dijiwa Canggu
14	Bali Tugu Hotel
15	Lv8 Resort Hotel
16	Casa Nara Bali
17	Keliki Villa
18	Ulin Dreams Cemagi Complex Villa
19	Air Bali Yoga Detox & Spa
20	Rich Village by Serendipity
21	The Beach Villa Cemagi
22	Villa Tukad Alit/KISARA
23	Pepito Market
24	Villa Batu Sari



Gambar 4. 6 Lokasi Tujuan *Feeder*

4.1.2 Data Operasional

Data operasional yang digunakan dalam penelitian ini adalah data spesifikasi bus listrik yang bersumber dari SAG Golden Dragon. Bus ini memiliki sebanyak 10 tempat duduk dan dapat menampung sebanyak 23 penumpang dengan panjang bus sekitar 6 meter dan lebar bus sekitar 2.7 meter. Bus listrik ini memiliki penggerak motor sebesar 50 kW dan baterai berkapasitas 90.24 kWh. Tabel 4.3 merupakan spesifikasi lengkap dari bus listrik ini.

Tabel 4. 3 Spesifikasi Bus Listrik

General	
Brand	SAG by Golden Dragon
Type	XML6606JEV Bus CBU A/T
Variant	Allstar
Classification	Electric Bus
Milage	122 km
Passenger capacity	13 + 1 + 10 = 24
Charging time	30 minutes (20% – 100%) / 150 kw charger
Airconditioner	Equipped

Tabel 4. 3 Spesifikasi Bus Listrik (lanjutan)

Dimension and Weight	
Curb Weight	3.500 kg
Length	6.045 mm
Width	2.020 mm
Height	2.775 mm
Wheel Base	3.820 mm
Ground Clearance	120 mm
Turning Radius	7.8 m
Motor	
Type	Permanent Magnet Synchronous Motor
Power	50 kw (Rated) – 160 kw (Peak)
Torque	100/400 Nm
Suspension, Tyre, and Brake System	
Suspension type	Leaf spring 5/5
Tyre	225/75 R16 LT
Brake type	Front disc and rear drum, hydraulic brake
ABS, ASR, EBS	ABS
Control	
Control System	Golden Dragon Electric Drive System
Battery	
Type	CATL, Lithium Ferro Phosphate
Capacity	90.24 kWh

Sumber: SAG Golden Dragon

Bus ini juga pernah diujicoba di Surabaya. Terdapat sebanyak tiga unit bus yang diujicoba. Ujicoba ini dilakukan pada bulan November 2023 selama tiga bulan (detik.com, 2023). Gambar 4.7 merupakan bus listrik SAG Golden Dragon.



Gambar 4. 7 Bus Listrik SAG Golden Dragon (detik.com, 2023)

4.1.3 Data Numerik

Data numerik merupakan jenis data yang sifatnya kuantitatif dan mengandung angka. Dalam penelitian ini, data yang tergolong data numerik meliputi biaya terkait bus listrik dan potensi *demand* LRT Bandara I Gusti Ngurah Rai ke Kuta.

4.1.3.1 Biaya Bus Listrik

Biaya bus listrik yang digunakan dalam penelitian ini meliputi biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya *overhead*. Biaya tetap yaitu biaya modal kendaraan, biaya penyusutan, biaya perizinan dan administrasi, biaya asuransi, dan biaya gaji. Biaya tidak tetap yaitu biaya pengecasan, biaya pemakaian ban, dan biaya perawatan dan perbaikan kendaraan. Yang ketiga adalah biaya *overhead*. Rincian biaya untuk bus listrik dijelaskan pada tabel 4.4. Berikut merupakan perhitungan biaya bus listrik untuk satu unit.

a. Biaya Modal Kendaraan

Biaya modal kendaraan (P) diasumsikan kendaraan yang didapat dengan pembayaran cash (lunas).

- Harga baru kendaraan = Rp 2.200.000.000
- Umur ekonomis kendaraan = 5 tahun

- Biaya modal kendaraan/tahun = Rp 440.000.000/tahun

b. Biaya Penyusutan

Biaya penyusutan (D) diasumsikan nilai sisa kendaraan bekas (L) adalah 20% dari harga baru dan umur ekonomis kendaraan (n) selama 5 tahun.

- $D = \frac{P-L}{n}$

$$D = \frac{2.200.000.000 - (20\% \times 2.200.000.000)}{5}$$

$$D = 352.000.000/\text{tahun}$$

c. Biaya Administrasi dan Perizinan

Biaya administrasi dan perizinan terdiri dari beberapa komponen, yaitu Bea Balik Nama (BBN), Pajak Kendaraan Bermotor (PKB), Sumbangan Wajib Dana Kecelakaan Lalu Lintas Jalan (SWDKLLJ), Biaya Administrasi STNK dan Biaya Administrasi TNKB.

- Berdasarkan Peraturan Gubernur No 41 tahun 2021 untuk kendaraan listrik BBN digratiskan.

- PKB = Rp 2.200.000.000 x 2% x 10%

$$\text{PKB} = \text{Rp } 4.400.000/\text{tahun}$$

- Berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan No 36 Tahun 2008 SWDKLLJ untuk kendaraan mikrobus dan bus angkutan umum sebesar Rp 90.000 per tahun.

$$\text{SWDKLLJ} = \text{Rp } 90.000/\text{tahun}$$

- STNK = Rp 200.000

- TNKB = Rp 100.000

d. Biaya Gaji Awak Kendaraan

Upah minimum kabupaten badung berdasarkan Keputusan Gubernur Bali No 999/03-M/HK/2023 untuk tahun 2024 sebesar Rp 3.318.628,06. Awak kendaraan yang dibutuhkan untuk satu unit *feeder* sebanyak dua orang.

- Biaya gaji awak = Rp 3.318.628,06 x 2

$$\text{Biaya gaji awak} = \text{Rp } 6.637.256,21/\text{bulan}$$

$$\text{Biaya gaji awak} = \text{Rp } 79.647.073,44/\text{tahun}$$

e. Biaya Pengecasan

Biaya pengecasan mobil listrik terdapat dua macam, yaitu pengecasan pribadi dan di SPKLU. Untuk rentang harga pengecasan pribadi berkisar Rp 1.445 hingga Rp 1.700 per kWh sedangkan untuk pengisian daya di SPKLU rata-rata berkisar antara Rp 1.650 hingga Rp 2.475 per kWh. Dalam penelitian ini diasumsikan pengecasan pribadi dengan daya listrik maksimum sehingga harga yang digunakan sebesar Rp 1.700 per kWh. Pengecasan dilakukan ketika bus listrik mencapai 20% dan dilakukan pengecasan sebanyak satu kali setiap hari.

- Biaya pengecasan = $80\% \times 90.24 \times \text{Rp } 1.700$
Biaya pengecasan = Rp 122.726/hari
Biaya pengecasan = Rp 44.795.136/tahun

f. Biaya Pemakaian Ban

Penggantian ban dilakukan satu kali setiap tahun dengan jumlah ban sebanyak empat dengan harga ban Rp 2.000.000

- Biaya penggantian ban = $4 \times \text{Rp } 2.000.000$
Biaya penggantian ban = Rp 8.000.000

g. Biaya Penggantian Komponen Kecil

Biaya penggantian komponen bersifat kondisional ketika terdapat komponen yang rusak. Biaya ini sebesar Rp 1.000.000/tahun.

h. Biaya Servis Rutin

Servis rutin dilakukan sebanyak dua kali dalam satu tahun untuk menjaga kondisi bus listrik agar tetap dalam kondisi baik. Perawatan ini termasuk pengecekan kondisi motor listrik, baterai, kontroler, dan perawatan sistem pendingin. Biaya perawatan rutin ini sebesar Rp 500.000 setiap perawatan.

- Biaya servis rutin = $2 \times \text{Rp } 500.000$
Biaya servis rutin = Rp 1.000.000/tahun

i. Biaya Overhead

Biaya overhead kendaraan dihitung dengan menggunakan persamaan 2.10 seperti berikut.

- Biaya overhead = $(\text{Biaya tetap} + \text{Biaya tidak tetap}) \times 15\%$

- Biaya overhead = ((Rp 440.000.000 + Rp 352.000.000 + Rp 4.400.000 + Rp 90.000 + Rp 40.000 + Rp 20.000 + Rp 79.647.073,44) + (Rp 44.795.136 + Rp 8.000.000 + Rp 1.000.000 + Rp 1.000.000)) x 15%
- Biaya overhead = Rp 139.648.831,42/tahun

Tabel 4. 4 Biaya Bus Listrik

Jenis	Biaya	Satuan
Modal kendaraan	Rp 440,000,000	/tahun
Penyusutan	Rp 352,000,000	/tahun
BBN KB	-	/tahun
PKB	Rp 4,400,000	/tahun
SWDKLLJ	Rp 90,000	/tahun
STNK	Rp 40,000	/tahun
TNKB	Rp 20,000	/tahun
Gaji	Rp 79,647,073.44	/tahun
Biaya Tetap	Rp 876,197,073	/tahun
Pengecasan	Rp 44,795,136.00	/tahun
Pemakaian ban	Rp 8,000,000	/tahun
Penggantian komponen kecil	Rp 1,000,000	/tahun
Servis rutin	Rp 1,000,000	/tahun
Biaya Tidak Tetap	Rp 54,795,136.00	/tahun
Biaya Overhead	Rp 139,648,831.42	/tahun

4.1.3.2 Potensi *Demand*

Rencana pengguna transportasi feeder di Kawasan Kuta diperuntukkan bagi wisatawan yang menggunakan LRT yang menghubungkan Kuta dengan Bandara I Gusti Ngurah Rai. Hermawati & Bahtiar (2021) memperkirakan potensi demand pengguna LRT dari Bandara I Gusti Ngurah Rai menuju Kuta sebanyak 4.185.135 orang/tahun. Data inilah yang kemudian akan digunakan untuk penelitian ini. Pembagian *demand* LRT per wilayah ini berdasarkan jumlah hotel dan penginapan yang ada pada kawasan pariwisata Kuta. Data jumlah hotel dan penginapan ini didapatkan dari BPS (2023) dimana jumlah hotel dan penginapan dirangkum dalam tabel 4.5 berikut.

Tabel 4. 5 Hotel dan Penginapan Kawasan Pariwisata Kuta

Kelurahan	Hotel	Penginapan
Munggu	0	7
Cemagi	1	36
Pererenan	0	84
Kerobokan Kelod	38	99
Kerobokan	0	52
Tibubeneng	5	99
Canggu	11	72
Legian	97	99
Seminyak	48	99
Kuta	419	99
Tuban	14	10

Sumber: (BPS, 2023)

4.2 Perhitungan MAT

Perhitungan MAT digunakan untuk mengukur jarak antar lokasi yang didapat melalui koordinat dari masing masing lokasi. Lokasi yang digunakan adalah lokasi yang telah ditentukan pada bab sebelumnya. Kemudian lokasi-lokasi tersebut akan dimasukkan pada aplikasi *open source spreadsheet solver* dengan koordinatnya dari masing-masing lokasi seperti pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Koordinat Lokasi Tujuan Feeder

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)
0	Depot A	Stasiun Ngurah Rai	-8.7406019	115.1641839
1	Depot B	TOD Central Park Kuta	-8.7130753	115.1807582
2	Depot C	Stasiun Seminyak Sunset Road	-8.6828132	115.1658894
3	Depot D	Stasiun Tibubeneng Canggu	-8.6591431	115.1380800
4	Depot E	Stasiun Munggu Cemangi	-8.6293424	115.1323935
5	Customer 1	Pantai Jerman (German Beach)	-8.7355641	115.1627028
6	Customer 2	Aloft Bali Kuta at Beachwalk	-8.7150669	115.1705904
7	Customer 3	Bali Garden Beach Resort	-8.7277149	115.1691755
8	Customer 4	Padma Resort Legian	-8.7058753	115.1679135
9	Customer 5	Double Six Beach	-8.6973943	115.1613875
10	Customer 6	W Bali – Seminyak	-8.6772709	115.1492149
11	Customer 7	The Oberoi Beach Resort	-8.6882123	115.1560113
12	Customer 8	Blue Karma Dijiwa Seminyak	-8.6917952	115.1674148
13	Customer 9	Ecozy Dijiwa Canggu	-8.6481630	115.1311261
14	Customer 10	Hotel Tugu Bali	-8.6585681	115.1306930
15	Customer 11	Lv8 Resort Hotel	-8.6677995	115.1422527

Tabel 4. 6 Koordinat Lokasi Tujuan *Feeder* (lanjutan)

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)
16	Customer 12	Casa Nara Bali	-8.6409210	115.1193752
17	Customer 13	Villa Keliki	-8.6347602	115.1339831
18	Customer 14	Ulin Dreams Cemagi Complex Villa	-8.6294276	115.1112147
19	Customer 15	Udara Bali Yoga Detox & Spa	-8.6469126	115.1147397
20	Customer 16	Rich Village by Serendipity	-8.6265493	115.1232122
21	Customer 17	The Beach Villa Cemagi	-8.6411897	115.1038733
22	Customer 18	Villa Tukad Alit/KISARA	-8.6611001	115.1671553
23	Customer 19	Pepito Market	-8.6440821	115.1575389
24	Customer 20	Villa Batu Sari	-8.6574720	115.1473753

Setelah data koordinat telah dimasukkan, akan dilanjutkan dengan *running* yang akan menghitung jarak antar tiap tiap lokasi seperti pada tabel berdasarkan jarak melalui jalur darat, yaitu kendaraan seperti pada tabel 4.7. Tabel tersebut merupakan jarak lokasi depot A, yaitu Stasiun Ngurah Rai dengan lokasi lainnya. Begitupun dengan lokasi selanjutnya akan dihitung jaraknya dengan lokasi lainnya.

Tabel 4. 7 Jarak Stasiun Ngurah Rai dengan Lokasi Lainnya

From	To	Distance
Depot A	Depot A	0.00
Depot A	Depot B	6.41
Depot A	Depot C	10.38
Depot A	Depot D	16.21
Depot A	Depot E	20.05
Depot A	Customer 1	1.07
Depot A	Customer 2	3.95
Depot A	Customer 3	2.12
Depot A	Customer 4	6.33
Depot A	Customer 5	7.57
Depot A	Customer 6	13.83
Depot A	Customer 7	12.16
Depot A	Customer 8	10.28
Depot A	Customer 9	17.87
Depot A	Customer 10	17.61
Depot A	Customer 11	14.96
Depot A	Customer 12	22.91
Depot A	Customer 13	19.95
Depot A	Customer 14	23.10
Depot A	Customer 15	23.96
Depot A	Customer 16	21.21

Tabel 4. 7 Jarak Stasiun Ngurah Rai dengan Lokasi Lainnya (lanjutan)

From	To	Distance
Depot A	Customer 17	25.02
Depot A	Customer 18	12.96
Depot A	Customer 19	16.51
Depot A	Customer 20	14.95

Dari tabel 4.7 akan dipetakan menjadi tabel matriks asal tujuan (MAT) seperti pada tabel 4.8 yang merupakan perhitungan MAT dari lokasi perencanaan *feeder* dalam satuan kilometer dengan nomor lokasi sesuai dengan *Location ID* tabel 4.6.

Tabel 4. 8 Perhitungan MAT dalam Kilometer

Lokasi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Oi
0	0.00	7.50	10.81	16.61	20.48	1.00	7.46	1.92	6.57	10.34	14.22	13.36	10.64	20.89	18.54	15.37	23.339	20.403	23.535	24.393	21.642	25.435	13.368	16.942	15.853	360.63
1	6.41	0.00	4.11	9.91	13.78	4.53	3.32	2.61	2.43	3.67	7.52	6.66	3.53	14.19	11.84	8.67	16.64	13.704	16.836	17.694	14.943	18.736	6.669	10.243	9.154	227.80
2	10.38	4.08	0.00	6.20	10.08	9.04	4.68	7.11	3.79	2.44	3.81	2.42	1.07	10.48	8.13	4.96	12.931	9.995	13.127	13.985	11.234	15.027	2.96	6.534	5.445	179.91
3	16.21	9.90	5.88	0.00	6.63	14.86	10.56	12.93	9.67	8.32	5.76	6.65	6.96	2.13	2.46	1.28	9.489	6.553	9.685	10.543	7.792	11.585	4.784	3.77	1.427	185.83
4	20.05	13.75	9.73	6.64	0.00	18.71	14.41	16.78	13.52	12.17	10.58	11.64	10.80	3.63	4.95	6.73	3.738	0.872	3.934	4.792	2.041	5.834	7.088	3.563	5.238	211.18
5	1.07	4.22	11.44	17.24	21.11	0.00	6.91	1.63	6.02	7.26	14.85	13.99	7.12	21.52	19.17	16.00	23.967	21.031	24.163	25.021	22.27	26.063	13.996	17.57	16.481	360.09
6	3.95	3.47	7.34	13.89	17.77	3.41	0.00	1.89	5.26	6.51	11.50	10.64	6.37	18.17	15.82	12.65	20.623	17.687	20.819	21.677	18.926	22.719	10.652	14.226	13.137	299.12
7	2.12	2.75	6.62	13.18	17.05	1.58	5.43	0.00	4.54	5.79	10.79	9.92	5.65	17.46	15.10	11.93	19.904	16.968	20.1	20.958	18.207	22	9.933	13.507	12.418	283.90
8	6.33	2.27	3.15	9.14	13.01	6.21	2.60	4.30	0.00	2.32	6.75	5.57	2.18	13.42	11.07	7.90	15.866	12.93	16.062	16.92	14.169	17.962	5.895	9.469	8.38	213.86
9	7.57	3.50	2.44	8.42	12.30	7.45	3.84	5.54	1.79	0.00	6.03	4.86	1.46	12.70	10.35	7.18	15.151	12.215	15.347	16.205	13.454	17.247	5.18	8.754	7.665	206.65
10	13.83	7.52	3.50	5.78	10.61	12.48	8.18	10.56	7.29	5.94	0.00	1.96	4.58	7.52	7.84	4.53	13.47	10.534	13.666	14.524	11.773	15.566	3.499	7.073	5.186	207.40
11	12.16	5.85	1.68	6.73	11.19	10.81	6.36	8.89	5.47	4.12	2.35	0.00	2.76	8.47	8.79	5.49	14.046	11.11	14.242	15.1	12.349	16.142	4.075	7.649	6.139	201.95
12	10.28	3.36	1.07	7.06	10.93	7.31	3.70	5.40	2.81	1.46	4.67	3.50	0.00	11.34	8.99	5.82	13.789	10.853	13.985	14.843	12.092	15.885	3.818	7.392	6.303	186.67
13	17.87	11.57	7.55	2.69	3.63	16.53	12.23	14.60	11.34	9.99	8.06	8.95	8.62	0.00	1.72	4.41	6.483	3.547	6.679	7.537	4.786	8.579	7.495	3.97	2.918	191.74
14	17.61	11.30	7.29	2.43	4.45	16.27	11.96	14.34	11.08	9.72	7.80	8.69	8.36	1.71	0.00	4.15	7.305	3.719	7.501	8.359	5.608	9.401	6.013	4.999	2.656	192.71
15	14.96	8.66	4.64	1.28	6.73	13.62	9.32	11.69	8.43	7.08	4.52	5.41	5.72	3.86	4.18	0.00	9.588	6.652	9.784	10.642	7.891	11.684	4.637	3.869	1.526	176.37
16	22.908	16.602	12.584	9.491	3.738	21.563	17.262	19.637	16.373	15.021	13.433	14.499	13.659	6.483	7.81	9.59	0.00	3.728	3.36	1.053	1.696	4.092	9.944	6.419	8.094	259.04
17	19.954	13.648	9.63	6.537	0.882	18.609	14.308	16.683	13.419	12.067	10.479	11.545	10.705	3.529	3.728	6.636	3.738	0.00	3.934	4.792	2.041	5.834	6.99	3.465	5.14	208.29
18	23.104	16.798	12.78	9.687	3.934	21.759	17.458	19.833	16.569	15.217	13.629	14.695	13.855	6.679	8.006	9.786	3.36	3.924	0.00	2.603	2.331	1.899	10.14	6.615	8.29	262.95
19	23.962	17.656	13.638	10.545	4.792	22.617	18.316	20.691	17.427	16.075	14.487	15.553	14.713	7.537	8.864	10.644	1.053	4.782	2.733	0.00	2.75	3.465	10.998	7.473	9.148	279.92
20	21.211	14.905	10.887	7.794	2.041	19.866	15.565	17.94	14.676	13.324	11.736	12.802	11.962	4.786	6.113	7.893	1.696	2.031	2.331	2.75	0.00	4.231	8.247	4.722	6.397	225.91
21	25.021	18.715	14.697	11.604	5.851	23.676	19.375	21.75	18.486	17.134	15.546	16.612	15.772	8.596	9.923	11.703	4.092	5.841	1.916	3.335	4.248	0.00	12.057	8.532	10.207	304.69
22	12.963	6.657	2.639	5.279	7.114	11.618	7.317	9.692	6.428	5.076	3.488	4.554	3.714	7.521	6.536	4.637	9.97	7.034	10.166	11.024	8.273	12.066	0.00	3.573	3.851	171.19
23	16.509	10.203	6.185	4.456	3.561	15.164	10.863	13.238	9.974	8.622	7.034	8.1	7.26	3.968	4.658	4.555	6.417	3.481	6.613	7.471	4.72	8.513	3.545	0.00	3.059	178.17
24	14.953	8.647	4.629	1.427	5.236	13.608	9.307	11.682	8.418	7.066	5.175	6.062	5.704	2.359	2.684	1.526	8.092	5.156	8.288	9.146	6.395	10.188	3.356	2.373	0.00	161.48
Dj	341.38	223.53	174.92	194.01	216.90	312.28	240.73	271.33	221.77	206.72	214.23	218.65	183.17	218.93	207.26	184.05	264.75	214.75	268.81	285.37	231.63	310.15	175.34	182.70	174.11	5737.43

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data. Beberapa poin yang dibahas dalam analisis ini adalah identifikasi rute *feeder*, analisis jumlah kebutuhan armada, dan analisis biaya penumpang *feeder*.

5.1 Identifikasi Rute *Feeder*

Identifikasi rute *feeder* dilakukan berdasarkan hasil dari FGD dengan ahli dalam penelitian ini yaitu Kepala Dinas Perhubungan dan Kepala Dinas PUPR, dan matriks asal tujuan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Dalam identifikasi ini, digunakan aplikasi *open source spreadsheet solver* untuk mendapatkan rute optimal untuk *feeder*. Identifikasi rute dilakukan dengan mempertimbangkan jarak antar lokasi yang telah diperhitungkan sebelumnya dalam perhitungan MAT.

Dalam melakukan identifikasi ini, akan dilakukan simulasi menggunakan aplikasi *open source spreadsheet solver* yang terintegrasi dengan aplikasi *maps*. Data yang dimasukkan dalam aplikasi ini adalah kecepatan dari bus listrik, lokasi tujuan *feeder*, dan kapasitas dari bus listrik. Tabel 5.1 merupakan parameter yang digunakan pada aplikasi *open source spreadsheet solver*.

Tabel 5. 1 Parameter Penentuan Rute

Parameter	Value
Distance computation method	Bing Maps driving distances (km)
Duration computation method	Average vehicle speed
Bing Maps travel mode	Driving
Bing Maps route type	Fastest – Real Time Traffic
Bing Maps route detail level	10
Average vehicle speed	60

Distance computation method merupakan penentuan jarak antar lokasi yang bersumber dari *bing maps* dan berdasarkan laju kendaraan. *Duration computation method* merupakan durasi yang ditempuh oleh bus listrik menuju tiap-tiap lokasi berdasarkan kecepatan rata-rata bus listrik. *Bing Maps travel mode* merupakan jenis berkendaranya yaitu *driving*. *Bing Maps route type* yaitu tercepat dengan menggunakan kondisi lalu lintas aktual yang terintegrasi dengan aplikasi Maps.

Kondisi lalu lintas terpadat pada daerah pariwisata Kuta yaitu pada pukul 17.00 – 18.00 WITA (Prasetya et al., 2022), sehingga simulasi dilakukan pada waktu tersebut untuk mendapatkan hasil yang mendekati kondisi aktual. *Bing Maps route detail level* berada di level 10 dimana pada level tersebut rute yang digunakan sangat detail. *Average vehicle speed* merupakan kecepatan rata-rata dari bus listrik sesuai dengan Perjanjian Kinerja Tahun 2021 Dinas Perhubungan Provinsi Bali yaitu 60 km/jam.

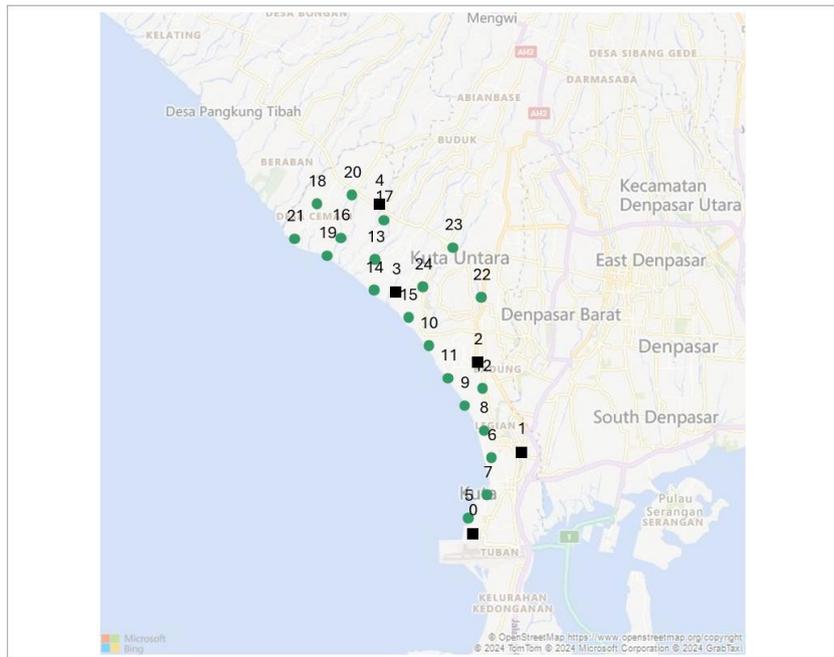
Selanjutnya akan kapasitas dari bus listrik sejumlah 23 orang dimasukkan pada aplikasi seperti pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Kapasitas Bus Listrik

Starting depot	Vehicle type	Capacity	Return depot
Depot A	T1	23	Depot A
Depot B	T1	23	Depot B
Depot C	T1	23	Depot C
Depot D	T1	23	Depot D
Depot E	T1	23	Depot E

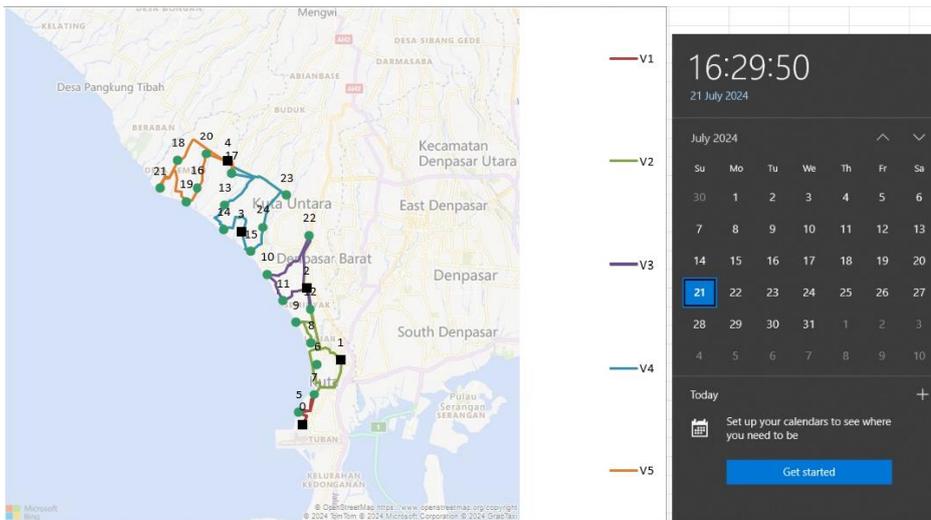
Starting depot merupakan lokasi awal operasional *feeder* bus listrik, di mana lokasi ini meliputi Stasiun Ngurah Rai, TOD Central Park Kuta, Stasiun Seminyak Sunset Road, Stasiun Tibubeneng Canggu, dan Stasiun Munggu Cemagi. Titik-titik ini adalah tempat di mana bus listrik memulai perjalanan mereka untuk melayani penumpang. *Vehicle type* merupakan jenis bus listrik yang digunakan, dimana dalam penelitian ini hanya terdapat satu jenis bus listrik untuk menjalankan operasional *feeder*. *Capacity* merupakan kapasitas angkut bus listrik tersebut, yang menentukan jumlah penumpang yang dapat diangkut dalam satu perjalanan. *Return depot* merupakan lokasi akhir dari rute *feeder*, di mana bus listrik akan kembali ke titik awal *feeder*, yaitu Stasiun Ngurah Rai, TOD Central Park Kuta, Stasiun Seminyak Sunset Road, Stasiun Tibubeneng Canggu, dan Stasiun Munggu Cemagi, setelah menyelesaikan rute yang telah ditentukan.

Lokasi-lokasi yang telah melalui tahap perhitungan MAT akan dialokasikan ke dalam peta, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.1. Dalam peta ini, titik-titik dari masing-masing lokasi akan ditandai dengan tepat sesuai dengan koordinat yang ada di aplikasi peta digital. Nomor lokasi pada peta akan sesuai dengan yang tertera pada tabel 4.8.



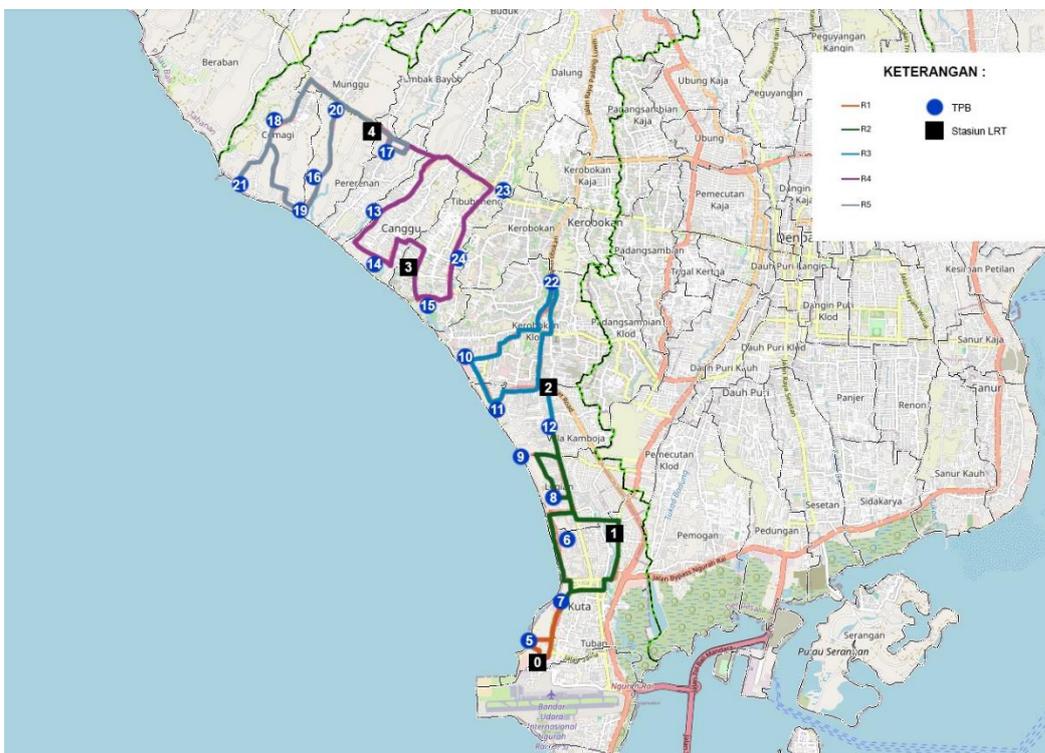
Gambar 5. 1 Peta Lokasi Tujuan *Feeder*

Kemudian setelah lokasi sudah dipetakan, dilanjutkan dengan *running* simulasi. Dari hasil *running* ini, didapatkan peta rute. Dalam peta rute ini terdapat lima rute feeder yang menghubungkan stasiun LRT dengan lokasi-lokasi yang telah ditentukan. Terdapat dua lokasi yang terhubung dengan Stasiun Ngurah Rai, yaitu German Beach dan Bali Garden Beach Resort. Pada TOD Central Park Kuta terdapat empat lokasi yang terhubung dengan stasiun tersebut, yaitu Bali Garden Beach Resort, Aloft Bali Kuta at Beachwalk, Padma Resort Legian, dan Double Six Beach. Terdapat empat lokasi juga yang terhubung dengan Stasiun Seminyak Sunset Road, yaitu Blue Karma Dijiwa Seminyak, The Oberoi Beach Resort, W Bali Seminyak, dan Villa Tukad Alit. Pada Stasiun Tibubeneng Canggu terdapat lima lokasi yang terhubung dengan stasiun, yaitu Bali Tugu Hotel, Ecozy Dijiwa Canggu, Pepito Market, Villa Batu Sari, dan Lv8 Resort Hotel. Pada stasiun terakhir, yaitu Stasiun Munggu Cemagi terdapat enam lokasi yang terhubung dengan stasiun, yaitu Keliki Villa, Rich Village by Serendipity, Casa Nara Bali, Air Bali Yoga Detox & Spa, The Beach Villa Cemagi, dan Ulin Dreams Cemagi Complex Villa. Gambar 5.2 merupakan peta rute hasil *running* di kawasan pariwisata Kuta.



Gambar 5. 2 Peta Rute Hasil *Running*

Hasil peta rute dari *running* tidak terlalu jelas batasan lokasi dan batasan antar daerah. Oleh karena itu dari hasil peta yang diperoleh akan dibuat kembali agar lebih jelas rute yang dilalui oleh transportasi *feder bus* listrik. Gambar 5.3 merupakan peta rute *feder bus* listrik.



Gambar 5. 3 Peta Rute *Feder Bus* Listrik

Pada setiap rute, didapatkan tujuan lokasi, jarak tempuh, dan lama waktu perjalanan tanpa adanya waktu turun dan naik penumpang. Tabel 5.3 merupakan hasil *running* jarak tempuh dan lama waktu perjalanan untuk rute R1.

Tabel 5. 3 Hasil *Running* Rute R1

Stop count	Location Name	Distance travelled	Working time
0	Depot A	0.00	0:00
1	Customer 1	1.07	0:06
2	Customer 3	2.65	0:13
3	Customer 1	4.27	0:20
4	Depot A	5.27	0:25

Jarak tempuh yang dilalui oleh *feeder* dari Depot A, yaitu Stasiun Ngurah Rai ke lokasi pemberhentian pertama Customer 1, yaitu German Beach sebesar 1.07 km. Kemudian dari lokasi pemberhentian pertama, dilanjutkan ke lokasi pemberhentian kedua, yaitu Customer 3 Bali Garden Beach Resort dengan total jarak tempuh perjalanan sebesar 1.58 km. Selanjutnya *feeder* menuju ke lokasi pemberhentian ketiga yaitu kembali ke German Beach dengan jarak tempuh sebesar 1.62 km. Kemudian perjalanan terakhir yaitu kembali ke Stasiun Ngurah Rai dengan menempuh jarak sebesar 1 km. Jarak tempuh total yang dilalui oleh *feeder* adalah 5.27 km untuk satu kali perjalanan pergi dari depot menuju depot, yaitu Stasiun Ngurah Rai. Lama waktu perjalanan untuk satu kali perjalanan pergi yaitu 25 menit. Waktu ini diluar waktu naik dan turun penumpang tiap lokasi pemberhentian.

Agar lebih mudah dalam melihat lokasi apa saja yang dilalui, urutan untuk rute R1 dapat dilihat pada tabel 5.4 dimana rute dimulai dari Stasiun Ngurah Rai sampai kembali ke Stasiun Ngurah Rai.

Tabel 5. 4 Rute *Feeder* R1

Rute	Jalur
R1	Stasiun Ngurah Rai - German Beach - Bali Garden Beach Resort - German Beach - Stasiun Ngurah Rai

Kemudian untuk rute R2, peta dan lokasi yang digunakan sama seperti gambar 5.1. Selanjutnya hasil dari *running* simulasi didapatkan jarak tempuh dan lama waktu perjalanan. Tabel 5.5 merupakan hasil *running* untuk rute R2.

Tabel 5. 5 Hasil *Running Rute R2*

Stop count	Location Name	Distance travelled	Working time
0	Depot B	0.00	0:00
1	Customer 3	2.75	0:08
2	Customer 2	4.64	0:16
3	Customer 4	7.24	0:25
4	Customer 5	9.03	0:32
5	Customer 8	10.49	0:36
6	Depot B	14.03	0:46

Jarak tempuh yang dilalui oleh *feeder* dari depot B, yaitu TOD Central Park Kuta menuju Customer 3 yaitu Bali Garden Beach Resort sebesar 2.75 km. Kemudian rute selanjutnya adalah menuju Customer 2, yaitu Aloft Bali Kuta at Beachwalk yang menempuh jarak sebesar 1.89 km. Setelah dari Aloft Bali Kuta at Beachwalk, *feeder* menuju pemberhentian selanjutnya yaitu Customer 4 Padma Resort Legian yang menempuh jarak sejauh 2.6 km. Selanjutnya *feeder* menuju pemberhentian selanjutnya, yaitu Customer 5 Double Six Beach dengan jarak tempuh sejauh 1.79 km. Kemudian rute selanjutnya adalah menuju Customer 8, yaitu Blue Karma Dijiwa Seminyak yang menempuh jarak sebesar 1.46 km. Setelah melalui pemberhentian Blue Karma Dijiwa Seminyak, *feeder* akan kembali ke pemberhentian awal yaitu Depot B atau TOD Central Park Kuta dengan jarak tempuh sejauh 3.54 km. Jarak tempuh total yang dilalui oleh *feeder* adalah 14.03 km untuk satu kali perjalanan pergi dari depot menuju depot, yaitu TOD Central Park Kuta. Lama waktu perjalanan untuk satu kali perjalanan pergi yaitu 46 menit.

Urutan untuk rute R2 dapat dilihat pada tabel 5.6 dimana rute dimulai dari TOD Central Park Kuta sampai kembali ke TOD Central Park Kuta.

Tabel 5. 6 Rute *Feeder R2*

Rute	Jalur
R2	TOD Central Park Kuta - Bali Garden Beach Resort - Aloft Bali Kuta at Beachwalk - Padma Resort Legian - Double Six Beach - Blue Karma Dijiwa Seminyak - TOD Central Park Kuta

Selanjutnya untuk rute R3, peta rute dan lokasi yang digunakan terdapat pada gambar 5.1. Selanjutnya hasil dari *running* simulasi didapatkan jarak tempuh dan lama waktu perjalanan. Tabel 5.7 merupakan hasil *running* untuk rute R3.

Tabel 5. 7 Hasil *Running* Rute R3

Stop count	Location Name	Distance travelled	Working time
0	Depot C	0.00	0:00
1	Customer 7	1.68	0:08
2	Customer 6	3.64	0:18
3	Customer 18	7.12	0:31
4	Customer 8	10.94	0:42
5	Depot C	12.02	0:45

Jarak tempuh yang dilalui oleh *feeder* dari Depot C, yaitu Stasiun Seminyak Sunset Road menuju ke pemberhentian pertama, yaitu Customer 7 The Oberoi Beach Resort sejauh 1.68 km. Kemudian *feeder* menuju pemberhentian selanjutnya yaitu Customer 6 W Bali Seminyak yang menempuh jarak sebesar 1.96 km. Selanjutnya *feeder* menuju pemberhentian yang ketiga, yaitu Customer 18 Villa Tukad Alit dengan jarak tempuh sejauh 3.48 km. Setelah melalui pemberhentian Villa Tukad Alit, *feeder* menuju pemberhentian selanjutnya, yaitu Customer 8 atau Blue Karma Dijiwa Seminyak yang menempuh jarak sebesar 3.82 km. Kemudian *feeder* menuju ke pemberhentian terakhir yaitu kembali ke Stasiun Seminyak Sunset Road dengan jarak tempuh sejauh 1.08 km. Jarak tempuh total yang dilalui oleh *feeder* pada rute R3 adalah 12.02 km untuk satu kali perjalanan pergi dan kembali ke depot. Lama waktu perjalanan untuk satu kali perjalanan pergi membutuhkan waktu selama 45 menit.

Urutan untuk rute R3 dapat dilihat pada tabel 5.8 dimana rute dimulai dari Stasiun Seminyak Sunset Road sampai kembali ke Stasiun Seminyak Sunset Road.

Tabel 5. 8 Rute *Feeder* R3

Rute	Jalur
R3	Stasiun Seminyak Sunset Road - The Oberoi Beach Resort - W Bali Seminyak - Villa Tukad Alit - Blue Karma Dijiwa Seminyak - Stasiun Seminyak Sunset Road

Kemudian untuk rute R4, peta rute dan lokasi yang digunakan sama seperti gambar 5.1. Selanjutnya hasil dari *running* simulasi didapatkan jarak tempuh dan lama waktu perjalanan. Tabel 5.9 merupakan hasil *running* untuk rute R4.

Tabel 5. 9 Hasil *Running* Rute R4

Stop count	Location Name	Distance travelled	Working time
0	Depot D	0.00	0:00
1	Customer 10	2.43	0:09
2	Customer 9	4.14	0:14
3	Customer 13	7.67	0:24
4	Customer 19	11.15	0:32
5	Customer 20	13.53	0:37
6	Customer 11	15.05	0:42
7	Depot D	16.33	0:49

Jarak tempuh yang dilalui oleh *feeder* dari Depot D, yaitu Stasiun Tibubeneng Cunggu menuju ke lokasi pemberhentian pertama Customer 1, yaitu Customer 10 atau Bali Tugu Hotel sejauh 2.43 km. Kemudian dari lokasi pemberhentian pertama, dilanjutkan ke lokasi pemberhentian kedua, yaitu Customer 9 Ecozy Dijiwa Cunggu dengan total jarak tempuh perjalanan sebesar 1.71 km. Pemberhentian selanjutnya adalah Villa Keliki dengan jarak tempuh perjalanan sejauh 3.53 km. Selanjutnya *feeder* menuju ke lokasi pemberhentian keempat yaitu Customer 19 atau Pepito Market dengan jarak tempuh sebesar 3.48 km. Kemudian *feeder* menuju pemberhentian selanjutnya yaitu Customer 20 atau Villa Batu Sari yang menempuh jarak sebesar 2.38 km. Selanjutnya *feeder* menuju pemberhentian Customer 11 atau Lv8 Resort Hotel dengan jarak tempuh sejauh 1.52 km. Setelah melalui pemberhentian Lv8 Resort Hotel, *feeder* menuju pemberhentian terakhir, yaitu kembali ke Stasiun Tibubeneng Cunggu yang menempuh jarak sejauh 1.28 km. Jarak tempuh total yang dilalui oleh *feeder* pada rute R4 adalah 16.33 km untuk satu kali perjalanan pergi dan kembali ke depot. Lama waktu perjalanan untuk satu kali perjalanan pergi membutuhkan waktu selama 49 menit.

Urutan rute R4 berada pada tabel 5.10 dimana rute dimulai dari Stasiun Tibubeneng Cunggu sampai kembali ke Stasiun Tibubeneng Cunggu.

Tabel 5. 10 Rute *Feeder* R4

Rute	Jalur
R4	Stasiun Tibubeneng Canggu - Bali Tugu Hotel - Ecozy Dijiwa Canggu - Villa Keliki - Pepito Market - Villa Batu Sari - Lv8 Resort Hotel - Stasiun Tibubeneng Canggu

Kemudian untuk rute R5, peta rute dan lokasi yang digunakan yaitu gambar 5.1. Selanjutnya hasil dari *running* simulasi didapatkan jarak tempuh dan lama waktu perjalanan. Tabel 5.11 merupakan hasil *running* untuk rute R5.

Tabel 5. 11 Hasil *Running* Rute R5

Stop count	Location Name	Distance travelled	Working time
0	Depot E	0.00	0:00
1	Customer 13	0.88	0:03
2	Customer 16	2.91	0:07
3	Customer 12	4.61	0:10
4	Customer 15	5.66	0:12
5	Customer 17	9.00	0:22
6	Customer 14	10.90	0:27
7	Depot E	14.83	0:36

Jarak tempuh yang dilalui oleh *feeder* dari depot E, yaitu Stasiun Minggu Cemangi menuju Customer 13 yaitu Keliki Villa sebesar 0.88 km. Kemudian rute selanjutnya adalah menuju Customer 16, yaitu Rich Village by Serendipity yang menempuh jarak sebesar 2.03 km. Setelah dari Rich Village by Serendipity, *feeder* menuju pemberhentian selanjutnya yaitu Customer 12 atau Casa Nara Bali yang menempuh jarak sejauh 1.7 km. Selanjutnya *feeder* menuju pemberhentian selanjutnya, yaitu Customer 15 Air Bali Yoga Detox & Spa dengan jarak tempuh sejauh 1.05 km. Kemudian rute selanjutnya adalah menuju Customer 17, yaitu The Beach Villa Cemagi yang menempuh jarak sebesar 3.34 km. Selanjutnya *feeder* menuju pemberhentian selanjutnya, yaitu Customer 14 atau Ulin Dreams Cemagi Complex Villa dengan jarak tempuh sejauh 1.9 km. Setelah melalui pemberhentian Ulin Dreams Cemagi Complex Villa, *feeder* akan kembali ke pemberhentian awal yaitu Depot E atau Stasiun Minggu Cemagi dengan jarak tempuh sejauh 3.93 km. Jarak tempuh total yang dilalui oleh *feeder* adalah 14.83 km untuk satu kali

perjalanan pergi dari depot menuju depot, yaitu Stasiun Munggu Cemagi. Lama waktu perjalanan untuk satu kali perjalanan pergi yaitu 36 menit.

Urutan untuk rute R5 dapat dilihat pada tabel 5.12 dimana rute dimulai dari Stasiun Munggu Cemagi sampai kembali ke Stasiun Munggu Cemagi.

Tabel 5. 12 Rute *Feeder* R5

Rute	Jalur
R5	Stasiun Munggu Cemagi - Keliki Villa - Rich Village by Serendipity - Casa Nara Bali - Air Bali Yoga Detox & Spa - The Beach Villa Cemagi - Ulin Dreams Cemagi Complex Villa - Stasiun Munggu Cemagi

5.2 Analisis Jumlah Kebutuhan Armada

Penentuan jumlah armada berdasarkan beberapa perhitungan didalamnya, yaitu *load factor*, kapasitas kendaraan, waktu antara (*headway*), kapasitas kendaraan, dan jumlah penumpang pada sesi terpadat. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh G. Rm (2016), jumlah penumpang pada sesi terpadat adalah sebesar 13% dari jumlah penumpang yang naik pada satu hari tersebut. Pembobotan digunakan untuk menentukan *demand* dari masing masing rute. Pembobotan ini berdasarkan jumlah hotel pada setiap daerah di sekitar stasiun LRT yang akan direncanakan, terdapat beberapa kelurahan yang berada di sekitar stasiun LRT. Kelurahan yang berada di sekitar Stasiun Ngurah Rai adalah Kelurahan Tuban. Kemudian kelurahan yang berada di sekitar TOD Central Park Kuta yaitu Kelurahan Kuta. Kelurahan Seminyak dan Legian termasuk ke dalam area Stasiun Seminyak Sunset Road. Kelurahan Canggu, Tibubeneng, Kerobokan, dan Kerobokan Kelod termasuk ke dalam area Stasiun Canggu Tibubeneng. Kelurahan yang berada di sekitar Stasiun Munggu Cemagi adalah Kelurahan Pererenan, Munggu, dan Cemagi. Jumlah hotel dan penginapan yang berada pada tabel 4.5 akan dikelompokkan berdasarkan area Stasiun. Pengelompokan ini terdapat pada tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Jumlah Hotel dan Penginapan

Stasiun	Jumlah Hotel	Jumlah Penginapan	Total	Prioritas
Ngurah Rai	14	10	24	2%
Central Park Kuta	419	99	518	37%
Seminyak Sunset Road	145	198	343	25%
Canggu Tibubeneng	54	322	376	27%
Munggu Cemagi	1	127	128	9%
Total	633	756	1389	100%

Terdapat demand sebesar 11.467 penumpang per harinya berdasarkan penelitian oleh Hermawati & Bahtiar (2021) sehingga untuk jumlah penumpang pada sesi terpadat untuk *feeder* ini merupakan 13% dari demand penumpang ini dikalikan dengan bobot masing-masing rute. Dalam perhitungan jumlah kebutuhan armada, perlu dilakukan perhitungan *headway* yang menggunakan persamaan 2.5. *Load factor* sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993 sebesar 70%. Berikut merupakan perhitungan *headway* untuk Rute R1.

$$h = \frac{60 \times LF \times C}{P}$$

$$h = \frac{60 \times 70\% \times 23}{11467 \times 13\% \times 6\%}$$

$$h = 10.615 \text{ menit}$$

Begitupun untuk rute R2, R3, R4, dan R5 akan dihitung *headway*. Untuk rute R2 didapatkan nilai *headway* sebesar 1.737 menit. Untuk rute R3 sebesar 2.618 menit. Rute R4 sebesar 2.391 menit. Rute R5 sebesar 7 menit. Perhitungan *headway* pada setiap rute yang direncanakan terdapat pada tabel 5.14 berikut.

Tabel 5. 14 *Headway* Setiap Rute

Rute	Prioritas	Penumpang terpadat	h (menit)
Ngurah Rai Station	6%	91	10.615
TOD Central Park Kuta	33%	492	1.963
Seminyak Sunset Road Station	25%	369	2.618
Tibubeneng Canggu Station	27%	404	2.391
Munggu Cemagi Station	9%	138	7

Setelah *headway* didapatkan, selanjutnya akan dilakukan perhitungan jumlah armada. Perhitungan jumlah armada menggunakan persamaan 2.4, dimana

untuk rute R1 akan menempuh jarak total 5.27 km. Kecepatan kendaraan diasumsikan 60 km/jam sesuai dengan Perjanjian Kinerja Tahun 2021 Dinas Perhubungan Provinsi Bali. Berikut merupakan perhitungan jumlah kendaraan untuk rute R1.

$$N = \frac{LR}{V} \times \frac{60}{h}$$

$$N = \frac{5.27}{60} \times \frac{60}{37.153}$$

$$N \approx 1$$

Berdasarkan hasil perhitungan, untuk rute R1 yang memiliki total perjalanan sejauh 5.27 km membutuhkan armada sebanyak satu bus listrik. Perhitungan serupa juga dilakukan untuk Rute R2, R3, R4, dan R5. Untuk rute R2 yang memiliki total perjalanan sejauh 14.03 km membutuhkan armada sebanyak tujuh bus listrik, sedangkan untuk rute R3 yang memiliki total perjalanan sejauh 12.02 km membutuhkan armada sebanyak lima bus listrik. Untuk rute R4 yang menempuh total perjalanan sejauh 16.33 km membutuhkan armada sebanyak enam bus listrik. Yang terakhir untuk rute R5 dengan total perjalanan sejauh 14.83 km membutuhkan armada sejumlah tiga bus listrik. Sehingga jika di total, untuk semua rute membutuhkan armada sejumlah 21 bus listrik. Kebutuhan akan armada untuk setiap rute diringkas pada tabel 5.12.

Tabel 5. 15 Kebutuhan Armada Bus Listrik

Rute	Prioritas	Penumpang terpadat	Jarak (km)	Waktu Tempuh	Jumlah Armada
Ngurah Rai Station	6%	91	5.27	25	1
TOD Central Park Kuta	33%	492	14.03	46	8
Seminyak Sunset Road Station	25%	369	12.02	45	5
Tibubeneng Canggal Station	27%	404	16.33	49	7
Munggu Cemagi Station	9%	138	14.83	36	3
Total					24

5.2.1 Analisis Sensitivitas

Perhitungan jumlah armada pada tabel 5.15 merupakan perhitungan dalam kondisi optimal, dimana bus listrik tidak melakukan pengisian daya sama sekali ketika beroperasi. Namun spesifikasi bus listrik hanya dapat menempuh jarak sejauh 122 km dalam satu kali pengisian daya. Lama pengisian daya bus listrik dari 20% sampai 100% membutuhkan waktu selama 30 menit. Untuk rute R1 terdapat empat pemberhentian dengan jarak sejauh 5.27 km dan waktu tempuh 25 menit. Dengan asumsi setiap pemberhentian membutuhkan waktu 5 menit untuk sirkulasi penumpang, maka waktu total yang dibutuhkan untuk satu kali perjalanan yaitu sebesar 45 menit. Dengan waktu pengoperasian bus listrik selama 15 jam, bus listrik dapat melakukan sebanyak 20 kali perjalanan untuk rute R1 dengan total jarak tempuh sebesar 105,4 km. Jarak total ini masih dapat ditempuh dengan satu kali pengisian daya diluar jam operasional.

Pada rute R2 terdapat lima pemberhentian dengan jarak sejauh 14.03 km dan waktu tempuh 46 menit. Dengan asumsi setiap pemberhentian membutuhkan waktu 5 menit untuk sirkulasi penumpang, maka waktu total yang dibutuhkan untuk satu kali perjalanan yaitu sebesar 76 menit. Untuk memastikan bus listrik berangkat dengan jadwal yang tetap, maka keberangkatan bus dari TOD Central Park Kuta selama 10 menit sekali. Dengan waktu pengoperasian bus listrik selama 15 jam, bus listrik dapat melakukan sebanyak 12 kali perjalanan untuk rute R2 dengan total jarak tempuh sebesar 168.36 km. Jarak tempuh ini melebihi kapasitas bus listrik sehingga diperlukan melakukan pengisian daya satu kali saat pengoperasian bus listrik selama 30 menit. Untuk menutupi kekurangan ini, maka diperlukan tambahan armada sebanyak tiga bus listrik untuk memastikan bus listrik tetap beroperasi setiap 10 menit sekali.

Terdapat lima pemberhentian pada rute R3 dengan jarak sejauh 12.02 km dan waktu tempuh 45 menit. Dengan asumsi setiap pemberhentian membutuhkan waktu 5 menit untuk sirkulasi penumpang, maka waktu total yang dibutuhkan untuk satu kali perjalanan yaitu sebesar 70 menit. Untuk memastikan bus listrik berangkat dengan jadwal yang tetap, maka keberangkatan bus dari TOD Central Park Kuta selama 15 menit sekali. Dengan waktu pengoperasian bus listrik selama 15 jam, bus listrik dapat melakukan sebanyak 12 kali perjalanan untuk rute R3 dengan total

jarak tempuh sebesar 144.24 km. Jarak tempuh ini melebihi kapasitas bus listrik sehingga diperlukan melakukan pengisian daya satu kali saat pengoperasian bus listrik selama 30 menit. Untuk menutupi kekurangan ini, maka diperlukan tambahan armada sebanyak dua bus listrik untuk memastikan bus listrik tetap beroperasi setiap 15 menit sekali.

Rute R4 terdapat enam pemberhentian dengan jarak sejauh 16.33 km dan waktu tempuh 49 menit. Dengan asumsi setiap pemberhentian membutuhkan waktu 5 menit untuk sirkulasi penumpang, maka waktu total yang dibutuhkan untuk satu kali perjalanan yaitu sebesar 84 menit. Untuk memastikan bus listrik berangkat dengan jadwal yang tetap, maka keberangkatan bus dari TOD Central Park Kuta selama 15 menit sekali. Dengan waktu pengoperasian bus listrik selama 15 jam, bus listrik dapat melakukan sebanyak 11 kali perjalanan untuk rute R4 dengan total jarak tempuh sebesar 179.63 km. Jarak tempuh ini melebihi kapasitas bus listrik sehingga diperlukan melakukan pengisian daya satu kali saat pengoperasian bus listrik selama 30 menit. Untuk menutupi kekurangan ini, maka diperlukan tambahan armada sebanyak dua bus listrik untuk memastikan bus listrik tetap beroperasi setiap 15 menit sekali.

Rute terakhir, yaitu rute R5 terdapat tujuh pemberhentian dengan jarak sejauh 14.83 km dan waktu tempuh 36 menit. Dengan asumsi setiap pemberhentian membutuhkan waktu 5 menit untuk sirkulasi penumpang, maka waktu total yang dibutuhkan untuk satu kali perjalanan yaitu sebesar 71 menit. Untuk memastikan bus listrik berangkat dengan jadwal yang tetap, maka keberangkatan bus dari TOD Central Park Kuta selama 30 menit sekali. Dengan waktu pengoperasian bus listrik selama 15 jam, bus listrik dapat melakukan sebanyak 12 kali perjalanan untuk rute R4 dengan total jarak tempuh sebesar 177.96 km. Jarak tempuh ini melebihi kapasitas bus listrik sehingga diperlukan melakukan pengisian daya satu kali saat pengoperasian bus listrik selama 30 menit. Untuk menutupi kekurangan ini, maka diperlukan tambahan armada sebanyak satu bus listrik untuk memastikan bus listrik tetap beroperasi setiap 30 menit sekali.

Tabel 5. 16 Penambahan Armada Bus Listrik

Rute	Jarak (km)	Waktu Tempuh Total	Jarak Total (km)	Jumlah Armada	Penambahan Armada
Ngurah Rai Station	5.27	45	105.4	1	0
TOD Central Park Kuta	14.03	71	170	7	3
Seminyak Sunset Road Station	12.02	70	144.24	5	2
Tibubeneng Cangu Station	16.33	72	159.48	6	2
Munggu Cemagi Station	14.83	71	177.96	3	1
Total				32	

Berdasarkan analisis sensitivitas, diperlukan penambahan armada bus listrik dikarenakan alasan operasional yaitu pengisian daya bus listrik. Total penambahan armada bus listrik untuk semua rute yaitu sebanyak delapan bus listrik. Sehingga jumlah armada yang diperlukan untuk semua rute yaitu sebanyak 32 bus listrik.

5.3 Analisis Biaya Penumpang Feeder

Analisis biaya penumpang dilakukan dengan menjumlahkan komponen biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya *overhead* yang telah diperhitungkan sebelumnya pada bab 4 dengan menggunakan metode yang dilakukan oleh Ramadhan (2014). Data komponen ini didapatkan dari tabel 4.3, dimana biaya tetap sebesar Rp 876.197.073, biaya tidak tetap sebesar Rp 54.795.136, dan biaya *overhead* sebesar Rp 139.648.831,42. Total demand penumpang jika transportasi *feeder* beroperasi selama satu tahun penuh yaitu 365 hari, maka total penumpang per tahun sebanyak 4.185.135 penumpang.

Setiap bus listrik memiliki biayanya masing-masing. Karena jenis bus listrik yang digunakan pada penelitian ini hanya satu jenis, maka total biaya yang dibutuhkan akan dikalikan dengan banyaknya kebutuhan armada bus listrik. Total biaya ini kemudian akan dibagi dengan jumlah penumpang per tahun. Total jumlah kebutuhan armada bus listrik sebanyak 30 bus listrik. Tabel 5.15 merupakan perhitungan biaya per penumpang pada rute R1.

Tabel 5. 17 Perhitungan Biaya Penumpang

Komponen	Biaya
Biaya Tetap	Rp 876,197,073
Biaya Tidak Tetap	Rp 54,795,136.00
Biaya Overhead	Rp 139,648,831.42
Total Biaya	Rp 1,070,641,041
Jumlah Bus	32
Jumlah Penumpang per Tahun	4185135
Biaya per Penumpang	Rp 8,186.24
Keuntungan (10%)	Rp 818.62
Total Biaya per Penumpang	Rp 9,004.86

Didapatkan biaya per penumpang tanpa keuntungan sebesar Rp 8.186,24. Jika dihitung dengan keuntungan sebesar 10%, maka biaya yang dikenakan pada penumpang setiap satu kali perjalanan untuk semua rute yaitu sebesar Rp 9.004,86. Berdasarkan FGD Dengan Kepala Dinas PUPR Kabupaten Badung, biaya penumpang *feeder* diharapkan tidak lebih besar dari Rp 10.000,00 sehingga biaya penumpang perencanaan *feeder* pada penelitian ini memenuhi permintaan.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan mengenai mengenai simpulan dari hasil yang telah diperoleh selama pelaksanaan penelitian serta pemberian saran untuk membantu penelitian terkait agar dapat lebih baik lagi.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik. Berikut ini adalah kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini.

1. Terdapat 5 rute yang teridentifikasi akan digunakan pada sistem transportasi feeder di kawasan pariwisata Kuta. Kelima rute tersebut terhubung dengan stasiun LRT, yaitu rute R1 yang berpusat pada Stasiun Ngurah Rai, rute R2 pada TOD Central Park Kuta, rute R3 pada Stasiun Seminyak Sunset Road, rute R4 pada Stasiun Tibubeneng Canggu, dan rute R5 pada Stasiun Munggu Cemagi.
2. Dengan mempertimbangkan kapasitas bus listrik, jarak tempuh *feeder*, dan demand penumpang, didapatkan kebutuhan jumlah armada untuk rute R1 sejumlah satu bus listrik, untuk rute R2 sejumlah sebelas bus listrik, untuk rute R3 sejumlah tujuh bus listrik, untuk rute R4 sejumlah sembilan bus listrik, dan untuk rute R5 sejumlah empat bus listrik. Jumlah keseluruhan kebutuhan armada yaitu sebanyak 32 bus listrik.
3. Estimasi biaya yang dikenakan kepada penumpang setiap satu kali perjalanan untuk semua rute dengan mempertimbangkan biaya operasional dan jumlah armada bus listrik adalah sebesar Rp 9.004,86.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Berikut merupakan saran untuk penelitian ini.

1. Menguji skenario rute *feeder* bus listrik berdasarkan *dynamic request* yang memungkinkan penumpang untuk memesan layanan bus secara *real-time*

melalui aplikasi. *Feeder* akan menyesuaikan rute bus dengan permintaan tersebut.

2. Identifikasi rute *feeder* dilakukan pada hari dan jam lalu lintas terpadat sehingga dapat dikatakan rute ini mempertimbangkan kondisi lalu lintas terparah. Jika di kemudian hari terdapat perubahan skema lalu lintas maupun perubahan data spasial, dapat dilakukan simulasi kembali dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut.
3. Menambahkan skenario pengecasan bus listrik dengan perencanaan waktu dan lokasi pengecasan yang optimal untuk memastikan kelancaran operasional. Dengan mempertimbangkan durasi perjalanan dan kapasitas baterai, bus listrik dapat dijadwalkan untuk mengisi daya pada waktu yang tidak mengganggu pelayanan.
4. Menganalisis dampak penggunaan berbagai jenis bus listrik dalam operasional *feeder*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Zheng, Y., Amine, A., Fathiannasab, H., & Chen, Z. (2021). The Role of Artificial Intelligence in The Mass Adoption of Electric Vehicles. *Joule*, 5(9), 2296–2322. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.07.012>
- Asfani, D. A., Negara, I. M. Y., Nugraha, Y. U., Yuniarto, M. N., Wikarta, A., Sidharta, I., & Mukhlisin, A. (2020). Electric Vehicle Research in Indonesia: A Road Map, Road Tests, and Research Challenges. *IEEE Electrification Magazine*, 8(2), 44–51. <https://doi.org/10.1109/MELE.2020.2985485>
- badungkab.go.id. (n.d.). *Sosialisasi KSPN di Badung, Wujudkan Destinasi Pariwisata Berkualitas*. Retrieved July 2, 2024, from <https://badungkab.go.id/kab/berita/552-sosialisasi-kspn-di-badung-wujudkan-destinasi-pariwisata-berkualitas>
- bali.com. (2024). *Bali – Island of Gods*. bali.com
- Ban, M., Yu, J., Li, Z., Guo, D., & Ge, J. (2019). Battery Swapping: an Aggressive Approach to Transportation Electrification. *IEEE Electrification Magazine*, 7(3), 44–54. <https://doi.org/10.1109/MELE.2019.2925762>
- Bok, J., & Kwon, Y. (2016). Comparable Measures of Accessibility to Public Transport Using the General Transit Feed Specification. *Sustainability (Switzerland)*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/su8030224>
- BPS. (2023). *Kabupaten Badung Dalam Angka 2023*.
- BPS. (2024). *Statistik Kunjungan Wisatawan Mancanegara*.
- Chen, J., Wang, S., Liu, Z., & Wang, W. (2017). Design of Suburban Bus Route for Airport Access. *Transportmetrica A: Transport Science*, 13(6), 568–589. <https://doi.org/10.1080/23249935.2017.1306896>
- Chen, X., Wang, Y., Wang, Y., Qu, X., & Ma, X. (2021). Customized Bus Route Design with Pickup and Delivery and Time Windows: Model, Case Study and Comparative Analysis. *Expert Systems with Applications*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114242>
- Ciaffi, F., Cipriani, E., & Petrelli, M. (2012). Feeder Bus Network Design Problem: a New Metaheuristic Procedure and Real Size Applications. *Procedia - Social*

- and Behavioral Sciences*, 54, 798–807.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.796>
- Cong, Y., Bie, Y., Liu, Z., & Zhu, A. (2024). Collaborative Vehicle-Crew Scheduling for Multiple Routes with a Mixed Fleet of Electric and Fuel Buses. *Energy*, 298. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131400>
- Dai, Z., Liu, X. C., Chen, X., & Ma, X. (2020). Joint Optimization of Scheduling and Capacity for Mixed Traffic with Autonomous and Human-Driven Buses: A Dynamic Programming Approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 114, 598–619.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.03.001>
- detik.com. (2023). *7 Unit Bus Listrik Uji Coba Operasional Layani Piala Dunia U-17*.
- Direktorat Jendral Perhubungan Darat. (2002). *Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum di Wilayah Perkotaan dalam Trayek Tetap dan Teratur*.
- Direktur Jenderal Perhubungan Darat. (1996). *Pedoman Teknis Perencanaan Tempat Perhentian Kendaraan Penumpang Umum*.
- Durango-Cohen, P. L., & McKenzie, E. C. (2018). Trading Off Costs, Environmental Impact, and Levels of Service in The Optimal Design of Transit Bus Fleets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 114, 354–363. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.01.030>
- Dwiputranti, M. I. (2023). Analisis Tarif Transportasi Publik: Studi Kasus Bus Trans Metro Dewata Bali Dengan Memperhitungkan Biaya Operasi Kendaraan, Ability To Pay, dan Willingness To Pay. *Jurnal Ekonomi Bisnis, Manajemen Dan Akuntansi*, 2(2), 17–25.
<https://doi.org/10.58477/ebima.v2i2.140>
- Faisol, A., & Indarto. (2012). *Konsep Dasar Analisis Spasial*.
- Feng, Y., Ceder, A. (Avi), Zhang, S., & Cao, Z. (2024). Bus Routing Fine-Tuning for Integrated Network-Based Demand and Bus Bridging for a Disrupted Railway System. *Expert Systems with Applications*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122825>

- Ginting, V. D., Putra, I. K. K., Maharani, N. P. A., Kusuma, R. A. F., & Dwipayana, A. D. (2022). Integrasi Pelayanan Teman Bus terhadap Kawasan Strategis Pariwisata Nasional di Bali. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, 6(2), 176. <https://doi.org/10.19184/jrsl.v6i2.36610>
- Gschwender, A., Jara-Díaz, S., & Bravo, C. (2016). Feeder-Trunk or Direct Lines? Economies of Density, Transfer Costs and Transit Structure in an Urban Context. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 88, 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.03.001>
- Hannan, M. A., Azidin, F. A., & Mohamed, A. (2014). Hybrid Electric Vehicles and Their Challenges: A Review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 29, pp. 135–150). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.097>
- Hermawati, P., & Bahtiar. (2021). A Model of Passenger Demand on the Operation of LRT at Ngurah Rai Airport Corridor in Bali. *Scholars Journal of Engineering and Technology*, 9(9), 127–135. <https://doi.org/10.36347/sjet.2021.v09i09.002>
- Holland, S. P., Mansur, E. T., Muller, N. Z., & Yates, A. J. (2021). The Environmental Benefits of Transportation Electrification: Urban Buses. *Energy Policy*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111921>
- Husain, I., Ozpineci, B., Islam, M. S., Gurpinar, E., Su, G.-J., Yu, W., Chowdhury, S., Xue, L., Rahman, D., & Sahu, R. (2021). Electric Drive Technology Trends, Challenges, and Opportunities for Future Electric Vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 109(6), 1039–1059. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.3046112>
- Imam, R., Kang, S. C., & Quezada, D. (2020). Exploring Low-Carbon Bus Options for Urban BRT Systems: The Case of Amman. *Journal of Public Transportation*, 22(1), 1–28. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.22.1.4>
- inews.id. (2023). *Infografis Alasan Pemerintah Bangun LRT di Bali*. [jaklingkoindonesia.co.id](https://www.jaklingkoindonesia.co.id). (2024). *Tarif Integrasi*. <https://www.jaklingkoindonesia.co.id/id/layanan/tarif-integrasi>
- Jones, B. (2020). *The Electric Vehicle Revolution: Economic and Policy Implications for Natural Resource Exporters in Developing Countries* (Vol. 2020). UNU-WIDER. <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2020/915-0>

- Kemenhub. (2023). *Keputusan Menteri Perhubungan RI Nomor KM 67 Tahun 2023*.
- Khaerudin, M. D., Harwati, F., Mulia, J. H. P. T., Sugiarti, D., Indriastuti, T., Syahril, S. M. F., & Dillon, H. S. (2009). *Kota di Persimpangan Jalan: Pedoman Perancangan Strategi Pengendalian Emisi dari Sektor Transportasi Jalan di Kawasan Perkotaan*. Kementerian 106 Negara Lingkungan Hidup.
- Kim, M. (Edward), & Schonfeld, P. (2013). Integrating Bus Services with Mixed Fleets. *Transportation Research Part B: Methodological*, 55, 227–244. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.06.013>
- Kopp, S. (2001). *Using ArcGIS Spatial Analyst*. www.esri.com
- Lajunen, A. (2018). Lifecycle Costs and Charging Requirements of Electric Buses With Different Charging Methods. *Journal of Cleaner Production*, 172, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.066>
- Levinson, H. S., Zimmerman, S., Clinger, J., & Gast, J. (2003). *Bus Rapid Transit Synthesis of Case Studies*. <https://doi.org/10.3141/1841-01>
- Li, X., An, X., & Zhang, B. (2024). Minimizing Passenger Waiting Time in the Multi-Route Bus Fleet Allocation Problem Through Distributionally Robust Optimization and Reinforcement Learning. *Computers and Operations Research*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2024.106568>
- Luo, J., & Zheng, H. (2021). Dynamic Equilibrium of Market Making with Price Competition. *Dynamic Games and Applications*, 11(3), 556–579. <https://doi.org/10.1007/s13235-020-00373-w>
- Mahalana, A., Yang, Z., & Posada, F. (2021). *Indonesia Transport Electrification Strategy*.
- Mahdinia, M. (2018). *Investigation on Index of Accessibility to Public Transportation Services for Developing Feeder Network International Journal of Family Business and Management*. www.symbiosisonlinepublishing.com
- Mahmoud, M., Garnett, R., Ferguson, M., & Kanaroglou, P. (2016). Electric Buses: A Review of Alternative Powertrains. In *Renewable and Sustainable Energy*

- Reviews* (Vol. 62, pp. 673–684). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.019>
- Mao, F., Li, Z., & Zhang, K. (2020). Carbon Dioxide Emissions Estimation of Conventional Diesel Buses Electrification: A Well-To-Well Analysis in Shenzhen, China. *Journal of Cleaner Production*, 277.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123048>
- Melis, L., & Sörensen, K. (2022). The Real-Time on-Demand Bus Routing Problem: The Cost of Dynamic Requests. *Computers and Operations Research*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2022.105941>
- Meng, M., Dabrowski, M., & Stead, D. (2020). Enhancing Flood Resilience and Climate Adaptation: The State of the Art and New Directions for Spatial Planning. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 19). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/SU12197864>
- Miles, J., & Potter, S. (2014). Developing a Viable Electric Bus Service: The Milton Keynes Demonstration Project. *Research in Transportation Economics*, 48, 357–363. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2014.09.063>
- Miro, F., & Hardani, W. (2005). *Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi* (W. Hardani, Ed.). Erlangga.
- Morlok, E. K. (1978). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga.
- Munawar, A. (2005). *Dasar Dasar Teknik Transportasi*. Penerbit Beta Offset.
- Offer, G. J., Howey, D., Contestabile, M., Clague, R., & Brandon, N. P. (2010). Comparative Analysis of Battery Electric, Hydrogen Fuel Cell and Hybrid Vehicles in a Future Sustainable Road Transport System. *Energy Policy*, 38(1), 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.040>
- Peraturan Menteri Perhubungan No. 98. (2013). *Standar Pelayanan Minimal Angkutan Orang dengan Kendaraan Bermotor Umum dalam Trayek*.
- Permini, N., & Junaedi, I. K. (2023). Implementasi Program Teman Bus Dalam Pengembangan Transportasi Publik Di Kota Denpasar. *Journal of Research and Development on Public Policy*, 2(4), 230–239.
<https://doi.org/10.58684/jarvic.v2i4.130>
- Pokharel, R., Bertolini, L., & te Brömmelstroet, M. (2023). How Does Transportation Facilitate Regional Economic Development? A Heuristic

- Mapping of the Literature. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100817>
- Prahasta, E. (2014). *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*.
- Prasetya, P. P. D., Hermawati, P., & Moi, F. (2022). *Analisis Tingkat Pelayanan Jalan dan Pedestrian Akibat Aktivitas Pasar Kuta 1 di Ruas Jalan Raya Kuta dan Sekitarnya*.
- Primasworo, R. A., & Sadillah, M. (2021). Identification and Characteristics of Urban Transport Needs Kraksaan in Probolinggo District. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 10(2). <https://doi.org/10.35139/cantilever.v10i2.104>
- Rahman, R. (2012). Analisa Biaya Operasi Kendaraan (BOK) Angkutan Umum Antar Kota dalam Propinsi Rute Palu - Poso. *Journal of Transportation Management and Engineering*, 2(1).
- Ramadhan, Z. (2014). Analisis Perhitungan dan Perbandingan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Bus Rapid Transit (BRT) Transmusi Jenis Mercedes Benz Oh-1521 dan Hino RK8-235. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(1).
- Rm, G. (2016). *Evaluasi Kinerja Koridor I Trans Sarbagita Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No 10 Tahun 2012 dan BRT Standard 2014*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rm, N., & Adnyana, I. (2016). *The Development of Marine Transportation System in Supporting Sustainable Tourism Case Study: Nusa Penida Island, Bali Indonesia*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5539/jsd.v9n4p89>
- Rodriguez, D. A., & Targa, F. (2004). Value of Accessibility to Bogotá's Bus Rapid Transit System. *Transport Reviews*, 24(5), 587–610. <https://doi.org/10.1080/0144164042000195081>
- Sadrani, M., Tirachini, A., & Antoniou, C. (2022). Vehicle Dispatching Plan for Minimizing Passenger Waiting Time in A Corridor with Buses of Different Sizes: Model Formulation and Solution Approaches. *European Journal of Operational Research*, 299(1), 263–282. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.054>

- Savitri, L., Dewi, N., Simanjuntak, I., & Atmajaya, A. (2024). Analisis Level of Service Ruas Jalan Raya Legian Selatan. *Jurnal Teknik Transportasi Logistik Dan Otomotif (JUTAGO)*, 1(1). <https://jurnal.naiwabestscience.my.id/index.php/jutago/>
- Setijowarno, D., & Frazila, R. B. (2001). Pengantar Sistem Transportasi. *Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata*.
- Sipetas, C., Roncoli, C., & Mladenović, M. (2023). Mixed Fleets of Automated and Human-Driven Vehicles in Public Transport Systems: An Evaluation of Feeder Line Services. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100791>
- Siringo, M., & Adikampana, I. M. (2014). Persepsi Wisatawan Terhadap Kemacetan di Jalan Pantai Kuta Kabupaten Badung Bali. *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 2(1). <http://id.wikipedia.org/wiki/Kemacetan>
- Soimun, A., Prima Gilang Rupaka, A., Wayan Putu Sueni, N., & Hendrialdi. (2021). Identifikasi Aksesibilitas Angkutan Umum dan Terminal Kawasan Metropolitan Sarbagita. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 8(1), 62–76. <https://doi.org/10.46447/ktj.v8i1.309>
- Steijn, J. van. (2014). *Creating Feeder Bus Lines for Transjakarta BRT*.
- Sunitiyoso, Y., Belgiawan, P. F., Rizki, M., & Hasyimi, V. (2022). Public Acceptance and the Environmental Impact of Electric Bus Services. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103358>
- Tabassum, S., Tanaka, S., Nakamura, F., & Ryo, A. (2017). Feeder Network Design for Mass Transit System in Developing Countries (Case study of Lahore, Pakistan). *Transportation Research Procedia*, 25, 3129–3146. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.343>
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Penerbit ITB.
- Tang, S., & Lo, H. K. (2008). The Impact of Public Transport Policy on the Viability and Sustainability of Mass Railway Transit - The Hong Kong Experience. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(4), 563–576. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.01.022>

- tarubali.baliprov.go.id. (2023). *Rencana Sistem Jaringan Kereta Api di Provinsi Bali*. <https://tarubali.baliprov.go.id/masa-depan-mobilitas-rencana-sistem-jaringan-kereta-api-di-provinsi-bali/>
- Tian, Q., Lin, Y. H., & Wang, D. Z. W. (2021). Autonomous and Conventional Bus Fleet Optimization for Fixed-Route Operations Considering Demand Uncertainty. *Transportation*, 48(5), 2735–2763. <https://doi.org/10.1007/s11116-020-10146-4>
- Verma, A., & Venkata Ramanayya, T. (2014). *Public Transport Planning and Management in Developing Countries*. <https://doi.org/10.1201/b17891>
- Vuchic, V. R. (1981). *Urban Public Transportation: Systems and Technology*. Prentice-Hall. <https://books.google.co.id/books?id=74tPAAAAMAAJ>
- Xia, D., Ma, J., Sharif Azadeh, S., & Zhang, W. (2023). Data-Driven Distributionally Robust Timetabling and Dynamic-Capacity Allocation for Automated Bus Systems with Modular Vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104314>
- Yadan, Y., Zhiyuan, L., Qiang, M., & Yu, J. (2013). Robust Optimization Model of Bus Transit Network Design with Stochastic Travel Time. *Journal of Transportation Engineering*, 139(6), 625–634. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000536](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000536)
- Yudono, A. (2018a). Why Do Spatial Data and Information Have a Significant Role in Spatial Planning Process?: The Investigation of Spatial Data and Information Usage in Indonesian Spatial Planning Policies. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 5(1), 131. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.5.1.131-146>
- Yudono, A. (2018b). Why Do Spatial Data and Information Have a Significant Role in Spatial Planning Process?: The Investigation of Spatial Data and Information Usage in Indonesian Spatial Planning Policies. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 5(1), 131. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.5.1.131-146>
- Zhang, D., Zhao, J., Zhang, F., Jiang, R., & He, T. (2015). Feeder: Supporting Last-Mile Transit with Extreme-Scale Urban Infrastructure Data. *IPSN 2015 -*

Proceedings of the 14th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks (Part of CPS Week), 226–237.
<https://doi.org/10.1145/2737095.2737121>

Zulfikri. (2019). Kajian Rute Potensial Bus Trans Sarbagita yang Akan Melayani Bandara Ngurah Rai Denpasar. *Warta Penelitian Perhubungan*, 26(1), 28.
<https://doi.org/10.25104/warlit.v26i1.862>

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Kavin Biridho Al Haq, lahir di Sampang pada November 1998. Penulis memperoleh gelar sarjana (S1) di bidang Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2021. Penulis berhasil menyelesaikan studi S1 dengan predikat *cum laude* dalam 8 semester. Selama menempuh studi S1, penulis aktif dalam organisasi dan tim seperti LBMM ITS dan ITS Team Sapuangin. Selama menjadi ketua divisi *vehicle dynamic* di ITS Team Sapuangin, penulis mendapatkan beberapa penghargaan baik nasional maupun internasional dari kejuaraan Kontes Mobil Hemat Energi dan *Shell Eco Marathon*.

Seusainya menempuh studi S1, penulis memulai karir profesionalnya di PT Sariguna Primatirta Tbk sebagai *Management Trainee* (2021) dan *Production Section Head* (2022). Pertengahan tahun 2022, penulis memutuskan untuk melanjutkan studi ke jenjang yang lebih tinggi, yaitu magister (S2) di Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan bidang konsentrasi Manajemen Rekayasa. Penulis juga merupakan *awardee* Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

Penulis memiliki minat pada bidang *Project Management* dan *Product Management*. Jika terdapat pertanyaan terkait penelitian ini atau memiliki rencana kolaborasi penelitian, penulis dapat dihubungi melalui alamat surel kavinbiridho@gmail.com atau melalui platform LinkedIn [linkedin.com/in/kavinbiridhoalhaq](https://www.linkedin.com/in/kavinbiridhoalhaq).