

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Arti Transportasi

Transportasi dapat diartikan sebagai usaha untuk memindahkan, mengangkut, menggerakkan, dan mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain, di mana di tempat lain ini objek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan tujuan tertentu yang diinginkan. Nasution (1996) mengemukakan bahwa transportasi adalah sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Karena dalam pengertian di atas terdapat kata-kata usaha, berarti transportasi juga merupakan sebuah rangkaian proses, dari tempat awal lokasi, lalu dilanjutkan proses pindah, proses gerak, proses mengangkut dan mengalihkan dan sampai di lokasi tujuan. Rangkaian proses tidak bisa dilepaskan dari keperluan akan alat pendukung untuk menjamin lancarnya proses perpindahan sesuai dengan waktu dan biaya yang diinginkan. Alat pendukung apa yang dipakai dalam proses perpindahan tersebut, tergantung pada bentuk objek yang akan dipindahkan, jarak antara suatu tempat dengan tempat lain yang dituju serta Maksud objek yang akan dipindahkan tersebut. Sehingga alat-alat pendukung yang dibutuhkan untuk proses pindah tersebut harus cocok dan sesuai dengan objek, jarak, dan maksud objek, baik dari segi kuantitas maupun dari segi kualitasnya. Untuk mengetahui keseimbangan antara objek yang diangkut dengan alat pendukung ini, dapat dilihat dari ukuran (standar) kuantitas maupun kualitas dari alat pendukung yang dapat diidentifikasi sebagai berikut, (1) Aman, yaitu kepastian bahwa objek yang diangkut aman selama proses perpindahan dan mencapai tujuan dalam keadaan utuh, tidak rusak atau hancur; (2) Cepat, yaitu kepastian bahwa objek yang diangkut dapat mencapai tujuan sesuai dengan batasan waktu yang telah ditentukan; (3) Lancar, yaitu kepastian bahwa objek yang diangkut tidak mengalami hambatan atau kendala; (4) Nyaman, yaitu kepastian bahwa objek yang diangkut terjaga keutuhannya dan situasi bagi pengangkut menyenangkan (5) Ekonomis, yaitu kepastian proses perpindahan tidak memakan biaya yang tinggi dan merugikan objek yang di angkut; dan (6) Terjamin kesediaannya; yaitu kepastian bahwa alat pendukung selalu tersedia kapan saja objek yang diangkut membutuhkannya, tanpa memperdulikan waktu dan tempat.

Dalam ilmu transportasi, alat pendukung perpindahan tersebut diistilahkan sebagai sistem transportasi yang di dalamnya mencakup berbagai unsur/subsistem yaitu ruang untuk bergerak (jalan), tempat awal/akhir pergerakan (terminal), alat yang bergerak (alat angkut/kendaraan dalam bentuk apapun), serta pengelolaan yang mengkoordinasikan ketiga unsur tersebut.

Berfungsinya alat pendukung proses perpindahan tersebut sesuai dengan yang diinginkan, tidak lepas dari kehadiran seluruh subsistem tersebut secara serentak. Masing masing unsur itu tidak bisa hadir dan beroperasi sendiri-sendiri, kesemuanya harus terintegrasi dan harmoni secara serentak. Seandainya ada salah satu komponen yang tidak hadir atau berjalan tidak semestinya, maka alat pendukung proses perpindahan tidak dapat bekerja dan berfungsi dengan baik.

Susilo (1999) juga mengemukakan bahwa transportasi yang merupakan pergerakan tingkah laku orang dalam ruang baik dalam membawa dirinya sendiri maupun membawa barang-barang. Selain itu, Tamin (1997) juga mengungkapkan bahwa prasarana transportasi mempunyai dua peran utama, yaitu: (1) sebagai alat bantu untuk mengarahkan pembangunan di daerah perkotaan; dan (2) sebagai prasarana bagi pergerakan manusia dan/atau barang yang timbul akibat adanya kegiatan di daerah perkotaan tersebut. Dari penyampaian diatas memiliki dua peran. Maksud peran yang pertama adalah adanya pengembangan suatu wilayah agar wilayah yang dikembangkan sesuai dengan yang direncanakan. Misalnya adanya pengembangan suatu wilayah, dimana wilayah yang akan dikembangkan masih asing dan tidak adanya peminat wilayah tersebut jika prasarana transportasi tidak disediakan. Sehingga dengan kondisi itu, sistem prasarana transportasi menjadi sangat penting, karena dengan adanya akses untuk menuju ke wilayah tersebut yang akan berdampak akan kemajuan kegiatan ekonomi masyarakat sekitar. Dengan tingginya minat masyarakat dalam hal pergerakan ekonomi maka peran prasarana transportasi yang kedua, yaitu untuk mendukung pergerakan manusia dan barang yang timbul karena adanya kegiatan di wilayah tersebut.

Transportasi dan kegiatan ekonomi memiliki keterkaitan sangat erat, sehingga keduanya saling mempengaruhi. Seperti halnya yang dikemukakan oleh Tamin (1997) bahwa pertumbuhan ekonomi memiliki keterkaitan dengan transportasi, karena akibat pertumbuhan ekonomi maka mobilitas seseorang

meningkat dan kebutuhan pergerakannya pun menjadi meningkat melebihi kapasitas prasarana transportasi yang tersedia. Dari pernyataan di atas, transportasi dan kegiatan ekonomi memiliki hubungan erat. Dengan adanya infrastruktur transportasi dapat mendorong dan meningkatkan kegiatan ekonomi suatu daerah atau wilayah. Namun dengan tingginya kegiatan ekonomi maka pertumbuhan ekonomi juga meningkat, sehingga menyebabkan masalah transportasi seperti kemacetan lalu lintas. Dengan adanya permasalahan tersebut perlu penambahan jalur transportasi agar dapat mengimbangi kegiatan ekonomi di wilayah tersebut.

Transportasi merupakan peran penting dalam hal kegiatan ekonomi. Sehingga membutuhkan suatu sistem transportasi yang handal, efisien, dan efektif. Sistem transportasi yang efektif adalah sistem transportasi dimana kapasitas angkutnya terpenuhi, tertib, teratur, lancar, cepat dan tepat, aman, nyaman dan biayanya terjangkau secara ekonomi. Sedangkan sistem transportasi yang efisien adalah suatu sistem transportasi yang memiliki kegunaan atau manfaat yang tinggi.

II.2 Tujuan Perencanaan Transportasi

Dari waktu ke waktu, perpindahan objek dari suatu tempat ke tempat lain selalu semakin bertambah. Menurut Miro (2005) hal ini disebabkan oleh: (1) Pertambahan penduduk; (2) Pertambahan urbanisasi (perpindahan penduduk desa ke perkotaan); (3) Pertambahan produksi barang-barang ekonomi; (4) Pertambahan pendapatan/kesejahteraan; (4) Perkembangan wilayah; (5) Pertumbuhan pusat-pusat kegiatan; (5) Pertambahan keinginan untuk melakukan perjalanan.

Adanya pertambahan beban tersebut dengan sendirinya akan menuntut pertambahan alat pendukungnya (sarana transportasi). Apabila hal tersebut tidak diantisipasi maka akan terjadi ketidakseimbangan antara kebutuhan transportasi dengan kesediaan sistem transportasi yang menyebabkan kemacetan, tundaan, kecelakaan, kesemerawutan lalu lintas, sulitya suatu daerah berkembang, hingga tingginya biaya ekonomi yang terjadi.

Sehingga untuk mengantisipasi hal tersebut, dilakukanlah tindakan-tindakan berupa perencanaan dan pengembangan alat pendukung proses pindah (sistem transportasi) untuk mencapai kondisi yang ideal (seimbang). Miro (2005) mengungkapkan tujuan dari perencanaan transportasi sebagai berikut:

- a. Mencegah masalah kemacetan yang tidak diinginkan yang diduga akan terjadi pada masa yang akan datang (tindakan preventif).
- b. Mencari jalan keluar untuk berbagai masalah yang sudah ada dan sudah terjadi (*problem solving*).
- c. Melayani kebutuhan transportasi (*demand of transport*) se-optimal dan seimbang mungkin.
- d. Mempersiapkan tindakan/kebijakan untuk tanggap pada keadaan di masa depan.
- e. Mengoptimalkan penggunaan daya dukung atau sumber daya yang ada, yang mencakup penggunaan dana yang terbatas seoptimal mungkin, demi mencapai tujuan atau rencana yang maksimal (daya guna dan hasil guna yang tinggi).

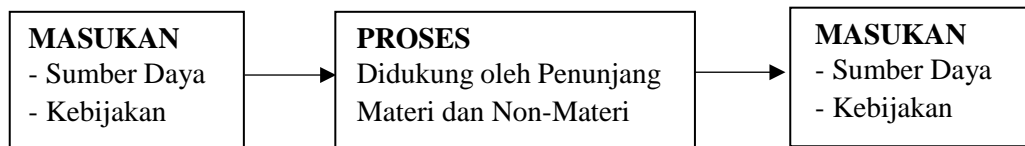
II.3 Perencanaan Transportasi Sebagai Sebuah Proses

Menurut Miro (2005), sebagai sebuah proses, perencanaan transportasi merupakan kegiatan untuk memilih atau memutuskan alternatif-alternatif pilihan pengadaan fasilitas transportasi untuk mencapai tujuan optimal yang telah ditentukan dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efisien.

Dengan demikian, pengambilan keputusan, tindakan, maupun kebijakan harus diawali terlebih dahulu dengan proses perhitungan dan analisis, yang dilanjutkan dengan evaluasi pada beberapa aspek baik itu ekonomi, finansial, sosial serta lingkungan. Hal tersebut dilakukan karena sumber daya terbatas yang dimiliki, kesalahan dalam penggunaan sumber daya tersebut akan mengakibatkan kerugian yang besar. Maka perencanaan transportasi sebagai sebuah proses dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- a. Memerlukan skala waktu dan pentahapan
- b. Memerlukan perhitungan dan analisis secara rasional
- c. Memerlukan proses perulangan (umpan balik)
- d. Memerlukan evaluasi untung-rugi
- e. Memerlukan evaluasi dampak sosial dan lingkungan
- f. Memerlukan kondisi yang mendukung seperti koordinasi, integrasi dan fleksibel terhadap perkembangan yang terjadi.

Perencanaan transportasi sebagai sebuah proses juga dapat dikatakan sebagai adanya kegoatan pengolahan (pemrosesan) suatu atau beberapa masukan (*input*) untuk memperoleh suatu atau beberapa keluaran (*output*) (Sutarjo,1985).



Sumber: Miro, F. 2005. *Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana dan Praktisi*.

Gambar 2. 1 Pola Perencanaan Transportasi sebagai sebuah Proses

Berdasarkan pada hal-hal di atas, dapatlah dikatakan bahwa perencanaan transportasi sebagai sebuah proses merupakan:

- a. Suatu kegiatan yang berlangsung secara terus menerus dan berulang-ulang.
- b. Bukan suatu kegiatan yang hanya dikerjakan sekali saja.
- c. Memiliki pentahapan dan batasan waktu (*time limit*) yang sesuai dengan karakter rencana dan daya dukung.

II.4 Permasalahan Transportasi

Menurut Tamin (1997) permasalahan dalam bidang transportasi tidak hanya terbatasnya prasarana transportasi, namun sudah menyebar ke aspek-aspek lainnya seperti pendapatan rendah, urbanisasi yang cepat, terbatasnya sumber daya, khususnya dana, kualitas dan kuantitas data yang berkaitan dengan transportasi, kualitas sumber daya manusia, disiplin yang rendah, dan lemahnya perencanaan dan pengendalian. Sehingga aspek-aspek tersebut menambah berat permasalahan transportasi yang terjadi.

Sukarto (2006) berpendapat dalam mengatasi permasalahan transportasi adalah bahwa untuk pemilihan moda transportasi pada dasarnya ditentukan dengan mempertimbangkan salah satu persyaratan pokok, yaitu pemindahan barang dan manusia dilakukan dalam jumlah terbesar dan jarak yang terkecil. Alternatif dalam pengangkutan dan pemindahan barang atau manusia dalam jumlah besar dan jarak yang terkecil adalah pemilihan transportasi massal lebih efektif dari pada pemilihan transportasi individual.

Menurut Tamin (1997) kajian transportasi akan melibatkan kajian multi moda, kajian multi disiplin, multi sektoral, dan multi masalah. Dari keempat kajian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Multi sektoral, maksud dari kajian tersebut adalah bahwa masalah transportasi banyak melibatkan lembaga terkait, baik itu lembaga pemerintah maupun lembaga swasta. Diantaranya DLLAJ, BPN, Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Tata Kota, maupun Dinas Pendapatan Daerah serta *stakeholder* lainnya.
2. Multi disiplin, maksud dari kajian tersebut adalah bahwa masalah transportasi melibatkan ilmu disiplin, diantaranya adalah ilmu rekayasa, ekonomi, sosial politik, geografis, matematika dan psikologi. Karena kajiannya sangat beragam, dari ciri pergerakan, pengguna jasa, sampai prasarana maupun sarana transportasi sehingga ilmu disiplin dibutuhkan.
3. Multi moda, maksud dari kajian tersebut adalah bahwa masalah transportasi selalu melibatkan lebih dari satu moda. Secara geografis, Indonesia adalah negara yang memiliki ribuan pulau, sehingga pergerakan dari satu wilayah ke wilayah yang lain membutuhkan banyak moda transportasi dan tidak hanya satu moda saja. Selain itu perpindahan moda dalam suatu wilayah juga kadang terjadi. Sehingga obyek dasar masalah transportasi adalah melibatkan banyak transportasi.
4. Multi masalah, maksud dari kajian tersebut adalah bahwa masalah transportasi mulai dari kajian multi moda, kajian multi disiplin, kajian multi sektoral pasti akan menimbulkan masalah. Perlu tindakan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan cermat.

Menurut Wells (1975), di dalam pemecahan permasalahan transportasi yang terjadi dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Membangun prasarana transportasi dengan dimensi yang lebih besar sehingga kapasitasnya sesuai dengan atau melebihi kebutuhan;
2. Mengurangi tuntutan akan pergerakan dengan mengurangi jumlah armada yang menggunakan jalur transportasi; dan
3. Menggabungkan poin pertama dan kedua di atas, yaitu menggunakan prasarana transportasi yang ada secara optimum, membangun prasarana transportasi

tambahan, dan sekaligus melakukan pengawasan dan pengendalian sejauh mungkin atas meningkatnya kebutuhan akan pergerakan.

II.5 Tahap Perencanaan Transportasi

Berikut ini adalah penjelasan tentang tahapan perencanaan transportasi berdasarkan batasan waktu perencanaan beserta apa saja yang direncanakan, termasuk faktor pendukungnya (Miro, 2005),

a. Perencanaan Jangka Pendek (*Short Term Planning*)

Dalam perencanaan jangka pendek, batasan waktu yang diberikan adalah antara 0 sampai 4 tahun. Sehingga yang direncanakan adalah segala sesuatu yang segera terwujud. Sumber sumber pendukung perencanaan berupa dana, keahlian, materi, maupun data yang diperlukan tidak dalam jumlah banyak. Dalam transportasi, biasanya berupa program-program penambahan armada angkutan, pengaturan jadwal, pengaturan arus, proyek-proyek pengadaan dan pemeliharaan fasilitas dan prasarana. Secara prosedur berupa kegiatan pelaksanaan (implementasi) di lapangan. Secara hirarki berupa program pemakaian anggaran (pembiayaan).

b. Perencanaan Jangka Menengah (*Medium Term Planning*)

Dalam perencanaan jangka menengah, batasan waktu yang diberikan antara 5 sampai 20 tahun. Rencana ini berbentuk kajian atau studi terhadap kebijakan yang sudah digariskan. Kegiatan ini secara batasan waktu dapat berupa penyiapan dokumen teknis, fisik, dan finansial. Dalam formatnya, rencana ini merupakan kegiatan penyiapan rencana umum, detail teknis, studi kelayakan seperti RUTR, RDTR, Rencana Umum Transportasi, studi kelayakan proyek, dokumen rancangan induk jaringan transportasi. Secara prosedur berupa kegiatan-kegiatan seperti pengumpulan data dan informasi, analisis data, peramalan dan penaksiran kondisi masa depan, perumusan beberapa rencana, dan pengevaluasian kelayakan rencana. Secara hirarki, dapat berupa pembiayaan dan dapat pula berupa kegiatan yang dilakukan oleh perencana (*planner*) yang tergabung dalam rembaga riset dan pengembangan. Tahapan ini bersifat semi-fleksibel terhadap situasi yang terjadi selama jangka waktu rencana.

c. Perencanaan Jangka Panjang (*Long Term Planning*)

Dalam perencanaan jangka menengah, batasan waktu yang diberikan di atas 20 tahun. Biasanya disebut sebagai Strategi, Perspektif, Cakrawala, *Horizon Plan*. Dalam formatnya, rencana ini berupa kebijakan-kebijakan jangka panjang yang telah menetapkan sasaran 25 tahun jke depan dan ditentukan oleh badan legislatif. Secara prosedur, rencana ini berupa ide-ide, dengan sasaran yang dituju berada pada masa diatas 25 tahun. Secara hirarki, rencana ini adalah tujuan yang ingin dicapai oleh masyarakat (*social objective*) dan mutlak fleksibel dengan perubahan situasi yang terjadi selama jangka waktu rencana.

II.6 Konsep Perencanaan Transportasi

Menurut Tamin (2000), model perencanaan empat tahap merupakan gabungan beberapa sub model sebagai berikut:

a. Aksesibilitas

Merupakan konsep yang menggabungkan sistem pengaturan tata guna lahan secara geografis dengan sistem jaringan yang menghubungkannya. Menurut Black (1981), aksesibilitas adalah suatu ukuran kenyamanan atau kemudahan mengenai cara lokasi tata guna lahan berinteraksi satu sama lain dan “mudah” atau “susah” nya lokasi tersebut dicapai melalui sistem jaringan transportasi. Aksesibilitas juga sangat berpengaruh terhadap jumlah pengguna transportasi yang sedang direncanakan.

b. Bangkitan dan tarikan pergerakan

Bangkitan pergerakan adalah tahapan pemodelan yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan dan jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona lainnya. Zona dalam perencanaannya dapat berupa wilayah administratif, bisa juga pembangian pusat-pusat kegiatan dalam suatu wilayah.

c. Sebaran pergerakan

Pola sebaran arus lalu lintas antara zona asal I ke zona tujuan adalah hasil dari dua hal yang terjadi bersamaan yaitu lokasi dan identitas tata guna lahan yang akan menghasilkan arus lalu lintas dan pemisahan ruang. Interaksi antara dua tata guna lahan akan menghasilkan pergerakan manusia dan barang.

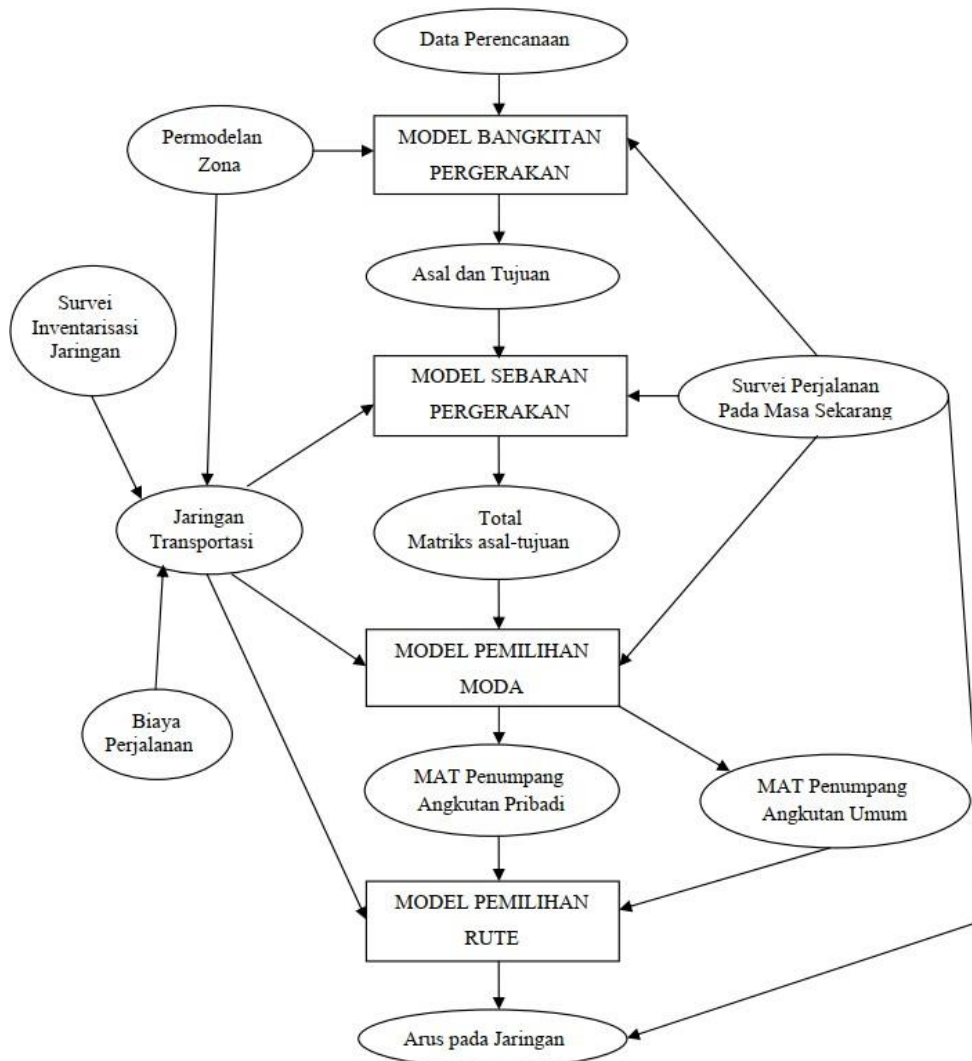
d. Pemilihan moda

Jika terjadi interaksi antara dua tata guna lahan maka akan terjadi pergerakan lalu lintas antara kedua tata guna lahan tersebut. Salah satu hal yang berpengaruh adalah pemilihan alat angkut (moda) Pertimbangannya adalah efisien dalam waktu dan biaya.

e. Pemilihan rute

Pemilihan rute juga tergantung pada moda transportasi. Pemilihan moda dan pemilihan rute dilakukan bersama dan tergantung alternatif pendek, tercepat dan termurah. Empat langkah berurutan dalam model perencanaan yaitu bangkitan perjalanan, pemilihan moda, dan pemilihan rute, sering disebut sebagai model agregat karena menerangkan perjalanan dari kelompok orang atau barang.

Pada **Gambar 2.3** berikut ini memperlihatkan garis besar semua proses yang terdapat dalam konsep perencanaan transportasi. Karena model ini merupakan proses permodelan yang berurutan sering disebut Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap. Jenis pemodelan seperti ini sangat kompleks, membutuhkan banyak data dan waktu yang lama dalam proses pengembangan dan pengkaliberasiannya. Akan tetapi, model ini dapat disederhanakan agar dapat memenuhi kebutuhan perencanaan transportasi di daerah yang mempunyai keterbatasan waktu dan biaya.



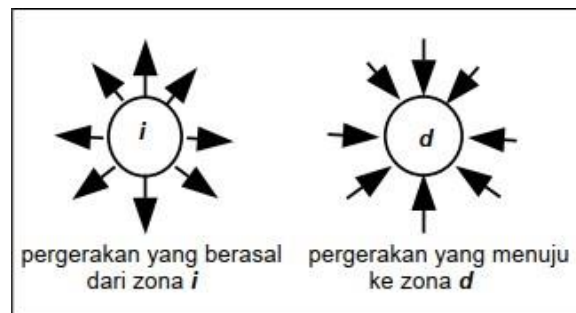
Sumber: *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Tamin O.Z*

Gambar 2. 2 Model perencanaan transportasi empat tahap

II.7 Bangkitan dan Tarikan Pergerakan

Bangkitan pergerakan adalah tahapan pemodelan yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan dan jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona. Pergerakan lalu lintas merupakan fungsi tata guna lahan yang menghasilkan pergerakan lalu lintas. Bangkitan lalu lintas ini mencakup: (1) Lalu lintas yang meninggalkan suatu lokasi; (2) Lalu lintas yang menuju atau tiba ke suatu lokasi.

Bangkitan dan tarikan pergerakan terlihat secara diagram pada gambar 2.3 (Wells, 1975).



Gambar 2.3 Bangkitan dan tarikan pergerakan

Hasil keluaran dari perhitungan bangkitan dan tarikan lalu lintas berupa jumlah kendaraan, orang, atau angkutan barang per satuan waktu, misalnya kendaraan/jam. Kita dapat dengan mudah menghitung jumlah orang atau kendaraan yang masuk atau keluar dari suatu luas tanah tertentu dalam satu hari (atau satu jam) untuk mendapatkan bangkitan dan tarikan pergerakan. Bangkitan dan tarikan lalu lintas tersebut tergantung pada dua aspek yaitu: (1) jenis tata guna lahan dan (2) jumlah aktivitas (dan intensitas) pada tata guna lahan tersebut.

II.8 Pemodelan Sebaran Pergerakan

II.8.1 Matriks Asal Tujuan

Pola pergerakan dalam sistem transportasi sering dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (kendaraan, penumpang, dan barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan di dalam daerah tertentu dan selama periode waktu tertentu. Matriks Pergerakan atau Matriks Asal-Tujuan (MAT) sering digunakan oleh perencana transportasi untuk menggambarkan pola pergerakan tersebut.

MAT adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (zona) di dalam daerah tertentu. Baris menyatakan zona asal dan kolom menyatakan zona tujuan, sehingga sel matriks-nya menyatakan besarnya arus dari zona asal ke zona tujuan. Dalam hal ini, notasi T_{id} menyatakan besarnya arus pergerakan (kendaraan, penumpang, atau barang) yang bergerak dari zona asal i ke zona tujuan d selama selang waktu tertentu.

Pola pergerakan dapat dihasilkan jika suatu MAT dibebankan ke suatu sistem jaringan transportasi. Dengan mempelajari pola pergerakan yang terjadi,

seseorang dapat mengidentifikasi permasalahan yang timbul sehingga beberapa solusi segera dapat dihasilkan. MAT dapat memberikan indikasi rinci mengenai kebutuhan akan pergerakan sehingga MAT memegang peran yang sangat penting dalam berbagai kajian perencanaan dan manajemen transportasi. Jumlah zona dan nilai setiap sel matriks adalah dua unsur penting dalam MAT karena jumlah zona menunjukkan banyaknya sel MAT yang harus didapatkan dan berisi informasi yang sangat dibutuhkan untuk perencanaan transportasi. Setiap sel membutuhkan informasi jarak, waktu, biaya, atau kombinasi ketiga informasi tersebut yang digunakan sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan).

II.8.2 Definisi dan Notasi dalam Matriks Asal Tujuan

Seperti telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya, MAT dapat digunakan untuk menggambarkan pola pergerakan di dalam daerah kajian. MAT adalah matriks berdimensi dua yang setiap baris dan kolomnya menggambarkan zona asal dan tujuan di dalam daerah kajian (termasuk juga zona di luar daerah kajian) seperti terlihat pada tabel 2.1, sehingga setiap sel matriks berisi informasi pergerakan antarzona. Sel dari setiap baris i berisi informasi mengenai pergerakan yang berasal dari zona i tersebut ke setiap zona tujuan d . Sel pada diagonal berisi informasi mengenai pergerakan intrazona ($i = d$). Oleh karena itu:

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

$\{T_{id}\}$ atau T = total matriks

Tabel 2. 1 Bentuk umum Matriks Asal Tujuan

Zona	1	2	3	...	n	O_i
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	...	T_{1n}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	...	T_{2n}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	...	T_{3n}	O_3
...
n	T_{n1}	T_{n2}	T_{n3}	...	T_{nn}	O_n
D_d	D_1	D_2	D_3	...	D_n	T

Sumber: Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Tamin O.Z

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

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

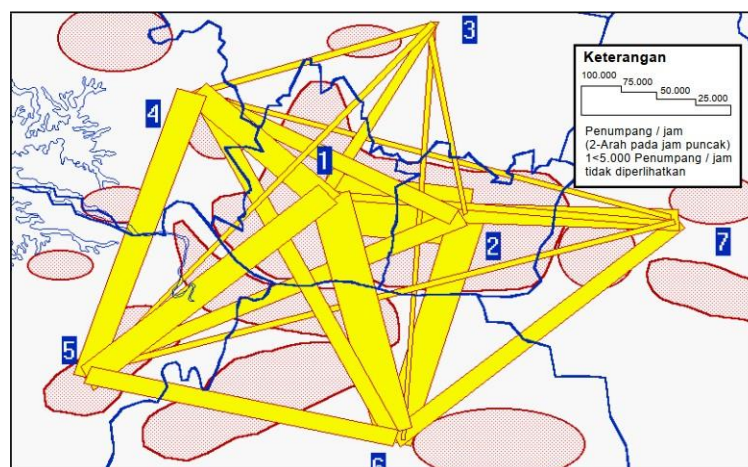
Beberapa kondisi harus dipenuhi, seperti total sel matriks untuk setiap baris (i) harus sama dengan jumlah pergerakan yang berasal dari zona asal i tersebut (O_i). Sebaliknya, total sel matriks untuk setiap kolom (d) harus sama dengan jumlah pergerakan yang menuju ke zona tujuan d (D_d).

$$\sum_d T_{id} = O_i \quad ; \quad \text{dan} \quad \sum_i T_{id} = D_d \quad (2.3)$$

Batasan tersebut dapat juga dinyatakan dengan cara lain. Total pergerakan yang dibangkitkan dari suatu zona i harus sama dengan total pergerakan yang berasal dari zona i tersebut yang menuju ke setiap zona tujuan d. Sebaliknya, total pergerakan yang tertarik ke suatu zona d harus sama dengan total pergerakan yang menuju ke zona d tersebut yang berasal dari setiap zona asal i.

Jika MAT yang dihasilkan memenuhi kedua batasan, model tersebut dikenal sebagai model dengan-dua-batasan; jika hanya salah satu dipenuhi, model disebut model dengan-satu-batasan (model dengan-batasan-bangkitan atau model dengan-batasan-tarikan); jika tidak ada yang dipenuhi, model disebut model tanpa-batasan.

Selain menggunakan bentuk matriks, pola pergerakan dapat juga dinyatakan dengan bentuk lain secara grafis seperti terlihat pada **Gambar 2.4** yang biasa disebut garis keinginan (*desire line*).



Sumber: Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Tamin O.Z

Gambar 2.4 Desire line pergerakan di Kotamadya Bandung

II.9 Pemilihan Moda

Jika interaksi terjadi antara dua tata guna lahan di suatu kota, seseorang akan memutuskan bagaimana interaksi tersebut harus dilakukan. Dalam kebanyakan kasus, pilihan pertama adalah dengan menggunakan telepon (atau pos) karena hal ini akan dapat menghindari terjadinya perjalanan. Akan tetapi, sering interaksi mengharuskan terjadinya perjalanan. Dalam kasus ini, keputusan harus ditentukan dalam hal pemilihan moda. Secara sederhana moda berkaitan dengan jenis transportasi yang digunakan. Pilihan pertama biasanya berjalan kaki atau menggunakan kendaraan. Jika menggunakan kendaraan, pilihannya adalah kendaraan pribadi (sepeda, sepeda motor, mobil) atau angkutan umum (bus, becak dan lain-lain). Jika angkutan umum yang digunakan, jenisnya bermacam-macam – oplet, kereta api, becak, dan lain-lain.

Dalam beberapa kasus, mungkin terdapat sedikit pilihan atau tidak ada pilihan sama sekali. Orang miskin mungkin tidak mampu membeli sepeda atau membayar biaya transportasi sehingga mereka biasanya berjalan kaki. Sementara itu, keluarga berpenghasilan kecil yang tidak mempunyai mobil atau sepeda motor biasanya menggunakan angkutan umum. Selanjutnya, seandainya keluarga tersebut mempunyai sepeda, jika harus berpergian jauh tentu menggunakan angkutan umum.

Orang yang hanya mempunyai satu pilihan moda saja disebut dengan *captive* terhadap moda tersebut. Jika terdapat lebih dari satu moda, moda yang dipilih biasanya yang mempunyai rute terpendek, tercepat, atau termurah, atau kombinasi dari ketiganya. Faktor lain yang mempengaruhi adalah ketidaknyamanan dan keselamatan. Hal seperti ini harus dipertimbangkan dalam pemilihan moda.

II.10 Moda Transportasi *Light Rail Transit*

II.10.1 Definisi dan Sejarah *Light Rail Transit*

Kereta api ringan dikenal juga sebagai *Light Rail Transit* (LRT) adalah salah satu sistem Kereta Api Penumpang yang beroperasi dikawasan perkotaan yang konstruksinya ringan dan bisa berjalan bersama lalu lintas lain atau dalam lintasan khusus, disebut juga tram. *Light Rail Transit* (LRT) banyak digunakan

diberbagai negara di Eropa dan telah mengalami modernisasi, antara lain dengan otomatisasi, sehingga dapat dioperasikan tanpa masinis, bisa beroperasi pada lintasan khusus, penggunaan lantai yang rendah (sekitar 30 cm) yang disebut sebagai *Low floor Light Rail Transit* (LRT) untuk mempermudah naik turun penumpang.

Light Rail Transit (LRT) adalah bentuk rel dialiri listrik yang telah dikembangkan secara bertahap dari trem untuk sistem angkutan cepat yang sebagian dioperasikan pada jalurnya sendiri. Trem merupakan kereta yang memiliki rel khusus di dalam kota, dengan Trem yang berselang waktu 5-10 menit berangkat, merupakan solusi untuk kemacetan dalam kota. Rangkaian trem umumnya satu set (terdiri atas dua kereta) agar tidak terlalu panjang. Disebut *Light Rail* karena memakai kereta ringan sekitar 20 ton seperti bus, tidak seberat kereta api yang 40 ton keatas. Letak rel dapat berbaur dengan lalu-lintas kota, atau terpisah seperti *bus-way*, bahkan bisa pula layang (*elevated*) atau *sub-way*, hanya untuk sebagian lintasan saja.

Light Rail Transit (LRT) diciptakan pada tahun 1972 oleh U.S. *Urban Mass Transportation Administration* (UMTA, pendahulu *Federal Transit Administration*) untuk menggambarkan transformasi *streetcar* baru yang ada di Eropa dan Amerika Serikat. *Transportation Research Board (Transportation systems Center)* menetapkan "*light rail*" pada tahun 1977 sebagai moda transportasi perkotaan yang memanfaatkan sebagian besar jalur yang disediakan tapi tidak selalu dipisahkan dari jalan. dengan listrik mendorong kendaraan di atas rel beroperasi secara tunggal atau dengan kereta. *Light Rail Transit* (LRT) menyediakan berbagai kemampuan penumpang dan karakteristik kinerja pada biaya menengah."

Tram atau *Light Rail Transit* (LRT) pernah dikembangkan di Indonesia pada zaman pendudukan Kolonial Belanda beroperasi di beberapa kota di Indonesia seperti di Jakarta dan Surabaya dan dihilangkan pada tahun 1960an, karena pada waktu itu tidak dirawat dengan baik sehingga dianggap mengganggu lalu lintas karena sering mogok.

Light Rail Transit (LRT) adalah salah satu jenis urban *passenger transportation* yang beroperasi di permukaan jalan baik memiliki jalur khusus

maupun memakai jalur umum. LRT merupakan bagian dari *Mass Rapid Transit* (MRT) dengan cakupan wilayah yang lebih kecil dan bentuk armada yang lebih kompak dan ringan. LRT sudah banyak diterapkan di negara-negara di dunia, di Asia Tenggara sendiri terdapat di Filipina dan Singapura. LRT di Singapura termasuk dari bagian *Singapore Mass Rapid Transit (SMRT)* dan mencakup di beberapa wilayah Singapura.

II.10.2 Perbandingan LRT dengan Moda Kereta Api lainnya

Dengan perpaduan yang baik antara jenis dan teknologi kontrol kereta api, *Light Rail Transit (LRT)* menawarkan jangkauan ruang gerak terluas dari setiap sistem kereta api dalam desain, rekayasa, dan praktek operasinya. Tantangan dalam merancang sistem kereta ringan adalah untuk mewujudkan potensi LRT dalam memberikan kecepatan, kenyamanan layanan sambil menghindari kecenderungan namun menghindari desain yang berlebihan yang tidak sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Berikut ini adalah perbandingan moda *Light Rail Transit (LRT)* dan moda berbasis kereta api lainnya.

Tabel 2. 2 Perbedaan LRT dan Moda Kereta Api lainnya

Jenis Moda	Perbedaan dengan <i>Light Rail Transit (LRT)</i>
<i>Rapid transit</i> (Angkutan Cepat)	<i>Light Rail Transit (LRT)</i> dibedakan dari Rapid Rail Transit (RRT) perbedaan kendaraan ketika beroperasi dalam lalu lintas campuran, umumnya menghasilkan mobil tubuh sempit dan artikulasi dalam rangka untuk beroperasi di lingkungan lalu lintas jalan. Dengan ukuran besar, radius putar besar, dan seringkali merupakan rel ketiga listrik, kendaraan RRT tidak dapat beroperasi di jalan. Karena sistem LRT dapat beroperasi di jalan-jalan yang ada, itu menghindari biaya mahal dari tingkat yang terpisah oleh kereta bawah tanah dan segmen tinggi yang akan diperlukan pada RRT.
<i>Streetcars or Trams</i> (Trem listrik atau Trem)	Sebaliknya, <i>Light Rail Transit (LRT)</i> umumnya mengungguli trem listrik tradisional dalam hal kapasitas dan kecepatan top-end, dan hampir semua LRT modern

Jenis Moda	Perbedaan dengan <i>Light Rail Transit (LRT)</i>
	mampu beroperasi beberapa unti. Generasi terbaru dari LRT jauh lebih besar dan lebih cepat, biasanya 29 meter (95 kaki) panjang dengan kecepatan maksimum sekitar 105 kilometer per jam (65 mph).
<i>Heritage streetcars</i> (trem listrik peninggalan)	Pertimbangan banyak dilakukan oleh banyak kota dalam menggunakan mobil bersejarah atau replika pada sistem trem listrik mereka bukan LRT modern. Sebuah trem listrik warisan mungkin tidak memiliki kapasitas dan kecepatan seperti LRT, tetapi akan menambah suasana dan karakter bersejarah dari lokasi.
<i>Light metro</i>	Sebuah turunan dari LRT adalah light rail rapid transit (LRRT), juga disebut sebagai Metro Light. Kereta api tersebut ditandai dengan hak eksklusif dari jalan, sistem kontrol kereta canggih, dan kemampuan headway pendek. Sistem ini melakukan pendekatan pada kepenuhan kapasitas penumpang, tetapi bisa lebih murah untuk membangun karena LRT umumnya ukurannya lebih kecil, daripada kendaraan RRT standar Light metro memiliki stasiun dengan ukuran lebih kecil.
<i>Interurbans</i> (antarkota)	Istilah antarkota (<i>Jerman Überland (Strassen) bahn</i>) terutama mengacu pada mobil rel yang berjalan melalui jalan-jalan seperti trem listrik biasa (trem), tetapi juga antar kota atau kota, seringkali melalui lingkungan pedesaan. Pada periode 1900-1930, <i>interurbans</i> yang sangat umum di Amerika Serikat, terutama di Midwest. Beberapa dari mereka, seperti <i>The Red Devils</i> , <i>Bullets JG Brill</i> , dan <i>Electroliners</i> , adalah railcars kecepatan tinggi dari waktu mereka, dengan kecepatan <i>in-service</i> sampai sekitar 145km/h (90 mph).

Tabel 2. 3 Perbedaan Teknis LRT dan Moda Kereta Api lainnya

Tipe	<i>Rapid Transit</i>	<i>Light Rail LRT</i>	<i>Tram / Streetcar</i>	<i>Heritage Streetcar</i>
Pabrikan	<i>Rohr</i>	<i>Siemens</i>	<i>Skoda</i>	<i>Gomaco Trolley Co.</i>
Model	BART A-Car	S70	10T	Replica Birney
Lebar	3.2 metres (10 ft)	2.7 metres (8.9 ft)	2.6 metres (8.53 ft)	2.62 metres (8.6 ft)
Panjang	22.9 metres (75 ft)	27.7 metres (91 ft)	20.13 metres (66.0 ft)	15.16 metres (49.7 ft)
Kapasitas Maksimal	150 orang	220 orang	157 orang	88 orang
Kecepatan Maksimum	125 km/h (78 mph)	106 km/h (66 mph)	70 km/h (43 mph)	48 km/h (30 mph)
Jumlah gerbong	8–10	2–5	1	1

II.10.3 Perbandingan LRT dengan Mobil Penumpang

Tabel di bawah ini menggambarkan kapasitas *Light Rail Transit* model (Siemens S70) dibandingkan dengan mobil standar dengan lima kursi. Panjang rata-rata mobil lima kursi standar adalah sekitar 4.74 meter. Panjang LRT Siemens S70 adalah 27,7 meter atau kira-kira sama panjangnya dengan 5,8 mobil. Penumpang maksimum dari mobil adalah lima orang, sedangkan kapasitas maksimum dari LRT Siemens S70 adalah 220 orang. Ini berarti bahwa satu meter di dalam mobil memiliki kapasitas satu orang dan satu meter di kendaraan rel ringan memiliki kapasitas hampir delapan orang, sehingga kapasitas rel ringan adalah sekitar delapan kali lebih tinggi dari mobil, jika hanya panjang kendaraan yang dipertimbangkan. Lebar rata-rata sebuah mobil adalah sekitar 1,77 meter,

sedangkan lebar rata-rata LRT Siemens S70 adalah sekitar 2,7 meter. Luas mobil adalah sekitar 8,4 m², sementara luas moda LRT sekitar 74,8 m². Dalam mobil, setiap meter persegi memiliki ruang untuk hanya 0,6 orang, sedangkan setiap meter persegi di dalam LRT memiliki ruang untuk 2,9 orang. Ini berarti bahwa kereta ringan secara signifikan kapasitasnya lebih efektif daripada mobil.

Tabel 2. 4 Perbedaan Teknis LRT dan Mobil Penumpang

Jenis	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	Maksimum Penumpang (orang)	Kapasitas Orang per meter persegi
Car	4.74	1.77	8.4	5	0.6
LRT Siemens S70	27.7	2.7	74.8	220	2.9

II.10.4 Kegunaan Penggunaan *Light Rail Transit (LRT)*

Light Rail Transit (LRT) merupakan alternatif dalam menanggulangi kemacetan kota. Kendaraan ini biasanya hanya terdiri atas satu set (dua gerbong), karena harus menyesuaikan dengan keadaan lingkungan jalan kota yang tidak boleh terlalu panjang, karena berbaur dengan lalu lintas kota lainnya. Namun bisa saja dijadikan dua set atau 4 gerbong (*HRT - Heavy Rail Transit* - satu set adalah 4 kereta). Berbagai keunggulan LRT adalah:

- a. Jenis kendaraan ringan dan dapat dibuat oleh pabrik karoseri bus.
- b. Tidak ada emisi di jalan
- c. Lebih aman daripada perjalanan mobil
- d. Waktu perjalanan relatif singkat
- e. Menghindari kemacetan lalu lintas, melalui segregasi dan prioritas jalur khusus.
- f. Perjalanan lebih nyaman dan halus, tidak ada gerakan kekerasan vertikal, lateral, atau belakang / ke depan.
- g. Kapasitas tinggi, memuat kapasitas tinggi dibanding bus dan mobil.

- h. Serbaguna, dapat berjalan pada kecepatan tinggi di jalan terpisah dan dapat menembus jalan sempit.
- i. *Adaptable*, dapat mengatasi gradien curam dan tikungan tajam.
- j. Dapat menjadi moda *interchange* dari / ke layanan *feeder* dan ke dan dari layanan kereta api lainnya
- k. Akses yang mudah untuk semua orang, termasuk pengguna kursi roda
- l. Dapat berbaur dengan lalu-lintas kota
- m. Dapat berbelok dengan radius kecil atau tajam (sekitar 15 meter, sehingga dapat menyusuri bangunan tua pusat kota, dibandingkan dengan HRT minimum dengan radius 150 meter)
- n. Dapat naik dengan elevasi hingga 12%, sedangkan HRT maksimum 1%. Oleh sebab itu stasiun LRT sering berada di atas jembatan layang.
- o. Biaya pembangunan dan operasi sangat murah dibandingkan dengan HRT dan moda kereta api lainnya.

II.11 Light Rail Transit (LRT) Palembang

Light Rail Transit atau dalam Bahasa Indonesia diartikan sebagai Lintas Rel Terpadu (LRT) Sumatra Selatan, dikenal dengan nama lain LRT Palembang adalah sebuah sistem angkutan cepat dengan model Lintas Rel Terpadu yang beroperasi di Palembang, Indonesia, menghubungkan Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II dengan Kompleks Olahraga Jakabaring. Pembangunan LRT ini difungsikan sebagai sarana transportasi penunjang warga Palembang dan sekitarnya, termasuk untuk menunjang mobilitas penonton dan atlet pada Pesta Olahraga *Asian Games* 2018. Diperkirakan proyek ini menghabiskan dana sedikitnya Rp10,9 triliun rupiah. LRT ini dioperasikan oleh PT Kereta Api Indonesia Divisi Regional III Palembang.

II.11.1 Armada LRT Palembang

Pada bulan Agustus 2018, sebanyak delapan rangkaian kereta ringan yang diproduksi PT Industri Kereta Api tiba di Palembang sejak April 2018, masing-masing rangkaian kereta terdiri dari tiga gerbong. Setiap rangkaian kereta mampu mengangkut hingga 722 penumpang: 231 penumpang di gerbong pertama dan

ketiga, dan 260 orang di gerbong kedua. Sementara, kapasitas tempat duduk sebanyak 78 penumpang. Rangkaian kereta dapat mengangkut penumpang dari Bandara SMB II menuju Jakabaring dengan waktu tempuh sekitar 30-45 menit.

Light Rail Transit ini memiliki sistem daya kelistrikan 750 V DC dengan aliran listrik rel ketiga. Setiap rangkaian yang diproduksi PT Industri Kereta Api di Madiun terbuat dari aluminium, dengan dimensi tinggi rangkaian 3.700 mm, tinggi lantai kereta 1.025 mm, jarak antar *bogie* 11.500 mm, dan panjang setiap rangkaian kereta dengan tiga gerbong sepanjang 51.800 milimeter (169,9 ft). Bahan pembuat rangkaian kereta yang diproduksi PT Industri Kereta Api sebagian besar sudah berasal dari material dalam negeri.

II.11.2 Stasiun LRT Palembang

Ada 13 stasiun pada jalur *Light Rail Transit* LRT ini dan 1 depot. 12 stasiun di antaranya telah beroperasi sejak 6 Oktober 2018. Setiap rangkaian kereta akan berhenti selama 1 menit di setiap stasiun, kecuali di setiap stasiun akhir perjalanan rangkaian kereta akan berhenti selama 10 menit, 5 di antara 13 stasiun yang ada dilengkapi dengan jembatan penghubung dengan bangunan-bangunan di sekitarnya. Direncanakan setiap stasiun LRT Palembang akan terhubung dengan layanan bus Trans Musi yang telah beroperasi sebelumnya.

II.11.3 Rel LRT Palembang

LRT Palembang berjalan melalui rel-kereta-layang tanpa balast dengan lebar sepur 1.067 mm, yang membentang sepanjang 23,4 kilometer dari Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II di ujung barat menuju Depot OPI di ujung timur. Teknologi persinyalan kereta ini menggunakan metode sinyal *fixed-block*, dengan dilengkapi peralatan rel ketiga. Rel kereta dibangun menyeberangi Sungai Musi, sejajar dengan Jembatan Ampera.

II.11.4 Jumlah Penumpang dan Tarif LRT Palembang

Pemerintah menargetkan jumlah penumpang sebesar 96.000 orang per hari melalui proyek ini, dengan perkiraan penambahan jumlah penumpang hingga 110.000 orang pada tahun 2030. Tarif sekali angkut penumpang kereta ini sebesar Rp5.000,00 per penumpang dari dan ke stasiun mana saja, kecuali untuk ke Bandara

SMB II dipatok tarif Rp10.000,00 per penumpang. Tarif ini disubsidi pemerintah dengan kisaran Rp200-300 miliar setahun hingga jumlah penumpang yang menaiki moda ini dapat menutup biaya operasional. Berikut ini adalah kartu uang elektronik perbankan yang disahkan oleh LRT Palembang.

II.12 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian terdahulu yang merupakan pijakan dalam penelitian yang dilakukan adalah:

1. “*Studi Potensi Jaringan Light Rail Transit (LRT) Dan Konstruksi Perkerasan Rel (Studi Kasus: Koridor Kota Manado Kecamatan Malalayang, Kecamatan Sario, Kecamatan Wenang)*” Oleh Shofian Edy Harianto Bongso, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi. Skripsi tahun 2019. Hasil analisis dalam penelitian ini yaitu diperoleh pemodelan $Y = 3.2985 + 3.3645 X_1 + 1.4508 X_2 + 1.5686 X_3$, dengan Y adalah jumlah pergerakan seluruh anggota keluarga per-hari, X_1 adalah komposisi keluarga, X_2 jumlah anggota keluarga yang bekerja, X_3 jumlah anggota keluarga yang belajar. Berdasarkan hasil pemodelan tersebut Nilai Kofisien Determinan (R^2) yang diperoleh yaitu sebesar 0,7453 atau 74,5%.
2. “*Studi Potensi Jaringan Light Rail Transit (LRT) Dan Konstruksi Perkerasan Rel. (Studi Kasus: Koridor Kecamatan Singkil, Kecamatan Tuminting Dan Kecamatan Bunaken)*” Oleh Jerivo Pandeiroth, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Skripsi tahun 2019. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan bangkitan pergerakan serta pola distribusi perjalanan, mengkonsepkan jaringan koridor, dan menganalisa konstruksi perkerasan jalan relnya. Konsep jaringan *Light Rail Transit* 5 titik koridor yaitu Koridor Singkil, Koridor Tuminting 1, Koridor Tuminting Pasar dan Koridor Bailang Raya. Dalam hasil penelitian untuk konstruksi perkerasan rel menurut Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 sesuai data rencana dikategorikan di Kelas Jalan V dengan penggunaan tipe rel R.42, jenis bantalan Kayu/Baja, dan jenis penambat bisa menggunakan tunggal atau rangkap.

3. “*Studi Perencanaan Rute LRT (Light Rail Transit) Sebagai Moda Pengumpan (Feeder) MRT Jakarta*” Oleh Mercyano Febrianda, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Tugas Akhir ini merencanakan rute LRT (*Light Rail Transit*) sebagai moda pengumpan (*feeder*) untuk MRT Jakarta. Hasil yang didapatkan pada tugas akhir ini adalah dari permodelan pada zona yang ditentukan didapatkan persamaan – persamaan yang akan digunakan untuk menentukan demand rute LRT. Dengan beberapa variabel yang dimasukkan pada persamaan yang didapatkan, dihasilkan bangkitan paling maksimum sebesar 2340 dan tarikan paling maksimum sebesar 1740 pada tahun eksisting, sedangkan untuk tahun rencana dihasilkan bangkitan paling maksimum sebesar 2830 dan tarikan paling maksimum sebesar 2013. Dari hasil bangkitan dan tarikan dilakukan analisis distribusi yang paling maksimum sebesar 336,57 pada tahun eksisting dan 394,06 pada tahun rencana. Untuk analisis pembebanan didapatkan yang terbesar adalah 7897,30 untuk tahun eksisting dan 9722,88 untuk tahun rencana.

Beberapa penelitian terdapat persamaan dengan penelitian yang akan dilakukan, yaitu terletak pada tujuan penelitian yaitu merencanakan koridor *Light Rail Transit (LRT)* berdasarkan pergerakan masyarakat. Sedangkan perbedaannya terdapat pada lokasi dan wilayah penelitian.