

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PEMBEBANAN PERGERAKAN KENDARAAN
BERMOTOR PADA KAMPUS UNHAS MENGGUNAKAN
PIRANTI LUNAK VISUM**

***TRIP ASSIGNMENT ANALYSIS OF MOTORIZED VEHICLE
MOVEMENTS IN THE UNHAS CAMPUS USING VISUM
SOFTWARE***

**ANDI AHMAD RIDHA
D011 18 1324**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**ANALISIS PEMBEBANAN PERGERAKAN KENDARAAN BERMOTOR PADA
KAMPUS UNHAS MENGGUNAKAN PIRANTI LUNAK VISUM**

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI AHMAD RIDHA

D011 18 1324

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 22 September 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM
NIP: 197309262000121002



Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, M.T.
NIP: 196311271992031001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Whardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Andi Ahmad Ridha, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**ANALISIS PEMBEBANAN PERGERAKAN KENDARAAN BERMOTOR PADA KAMPUS UNHAS MENGGUNAKAN PIRANTI LUNAK VISUM**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 11 Oktober 2022

Yang membuat
pernyataan,



Andi Ahmad Ridha
NIM: D011 18 1324

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di jalan utama kampus Universitas Hasanuddin.

Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Pembebanan Pergerakan Kendaraan Bermotor Pada Kampus UNHAS Menggunakan Piranti Lunak Visum**” ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada seluruh pembaca pada umumnya dan kepada penulis khususnya.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis telah menerima banyak bantuan, petunjuk dan bimbingan maupun saran dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahaan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr.Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. Ibu Ir. Hajriyanti Yatmar, ST., M.Eng., dan Kak Muhammad Ikhsan Sabil, ST., yang telah meluangkan waktunya untuk memberi arahan serta masukan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini serta memberikan banyak motivasi untuk segera menyusun dan menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen yang telah membantu penulis selama mengikuti Pendidikan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh staf dan karyawan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

8. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, atas doa, kasih sayang, motivasi dan segala dukungannya selama ini baik secara moral dan materiil.
9. Kepada Asisten Laboratorium Rekayasa Sistem Transportasi 2018 sebagai partner tim yang telah berjuang Bersama selama proses penelitian berlangsung
10. Teman-teman TRANSISI 2019 yang selalu memberikan support dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini. Juga terima kasih telah memberikan banyak kenangan indah dan berharga yang penulis dapatkan selama berstatus mahasiswa.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan Rahmat-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak berkepentingan.

Gowa, 11 Oktober 2022



Penulis

ABSTRAK

Pada suatu wilayah perkotaan atau regional dengan jumlah penduduk yang besar, sistem transportasi yang tidak efektif akan menimbulkan banyak permasalahan transportasi dimana penyebab terjadinya masalah-masalah ini karena terjadi ketidakseimbangan antara demand dan supply. Ketidakseimbangan antara kedua elemen ini bisa berupa jumlah pertumbuhan demand lebih besar dari pada supply.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga, segmen jalan perkotaan mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 selalu digolongkan dalam kelompok ini. Jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 juga digolongkan dalam kelompok ini jika mempunyai perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus.

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik per satuan waktu pada lokasi tertentu. Dalam mengukur jumlah arus lalu lintas, biasanya dinyatakan dalam kendaraan per hari, smp per jam, dan kendaraan per menit (MKJI 1997). Kinerja ruas jalan dapat didefinisikan, sejauh mana kemampuan jalan menjalankan fungsinya, (Morlok, 1978) Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu.

Matriks asal tujuan merupakan salah satu komponen yang penting dalam proses *trip assignment* di PTV Visum. Matriks asal tujuan berasal dari hasil perhitungan *trip generation* dan *trip distribution*. *Equilibrium assignment* merupakan metode pemilihan rute perjalanan dimana pengguna kendaraan akan lebih cenderung memilih rute perjalanan yang terpendek.

Model ini merupakan model pemilihan rute yang paling sering digunakan oleh pengendara yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan jarak perjalanan yang lebih pendek. Setelah memodelkan area zona dan jaringan jalan, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung *trip assignment* zona internal eksternal kampus Universitas Hasanuddin menggunakan aplikasi PTV Visum. Metode yang digunakan dalam perhitungan *trip assignment* adalah metode *equilibrium assignment*.

Kata kunci: *Trip assignment*, penduduk, jalan, PTV Visum

ABSTRACT

In an urban or regional area with a large population, an ineffective transportation system will cause many transportation problems where the cause of these problems is due to an imbalance between demand and supply. The imbalance between these two elements can be in the form of the amount of growth in demand being greater than supply.

According to the Directorate General of Highways, the urban road segment has permanent and continuous development along all or almost all roads, at least on one side of the road, whether in the form of land development or not. Roads in or near urban centers with a population of more than 100,000 are always classified in this group. Roads in urban areas with a population of less than 100,000 are also classified in this group if they have permanent and continuous roadside development.

Traffic volume is the number of vehicles that pass a point per unit time at a certain location. In measuring the amount of traffic flow, it is usually expressed in vehicles per day, SMP per hour, and vehicles per minute (MKJI 1997). The performance of the road segment can be defined, the extent to which the road's ability to carry out its function (Morlok, 1978) Capacity is defined as the maximum current through a point in the road that can be maintained per unit hour under certain conditions.

The origin and destination matrix is one of the important components in the trip assignment process at PTV Visum. The origin and destination matrix is derived from the calculation of trip generation and trip distribution. Equilibrium assignment is a method of selecting travel routes where vehicle users are more likely to choose the shortest route.

This model is the most frequently used route selection model by motorists which assumes that all drivers try to minimize the shorter travel distance. After modeling the zone area and road network, it can be continued by calculating the internal external zone trip assignment of the Hasanuddin University campus using the PTV Visum application. The method used in the trip assignment calculation is the equilibrium assignment method.

Keywords: Trip assignment, residents, roads, PTV Visum

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi	7
B. Model Sebaran Perjalanan	14
C. Model Pemilihan Rute	26
D. Daerah Studi (Garis batas wilayah)	30
E. Kalibrasi dan Validasi Pemodelan Transportasi.....	31
F. Survey Interview Langsung	32
G. Kapasitas Ruas Jalan dan Tingkat Pelayanan.....	33
H. Sekilas Program PTV Visum	35
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	37
A. Kerangka Kerja Penelitian	37
B. Landasan Teori	38
C. Metode Pengumpulan Data	38
D. Metode Estimasi dan Analisis	43
E. Analisis Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan.....	49
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	50
A. Pemodel Area Zona dan Jaringan Jalan.....	50
B. Trip Assigment menggunakan Aplikasi PTV Visum	52

C. Kalibrasi dan Validasi Model Distribusi.....	55
D. Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan.....	63
E. Prediksi Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan pada Masa yang Akan Datang.....	67
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	74
A. Kesimpulan	74
B. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Empat Variasi Urutan Konsep Pemodelan Transportasi.....	11
Gambar 2. Metode Untuk Mendapatkan Matriks Asal-Tujuan (MAT)	20
Gambar 3. Jaringan Sederhana dan Waktu Tempuh Ruas.....	27
Gambar 4. Contoh pembuatan garis Cardon	30
Gambar 5. Pembagian daerah internal eksternal.....	31
Gambar 6. Outline Kerangka Kerja Penelitian.....	37
Gambar 7. Peta Wilayah Kampus Universitas Hasanuddin.....	42
Gambar 8. Peta Jaringan Jalan Kampus Universitas Hasanuddin	43
Gambar 9. Zona dan Jaringan Jalan.....	45
Gambar 10. Diagram Alir Pengoperasioan PTV Visum	47
Gambar 11. Jaringan Jalan Model	51
Gambar 12. Zona Wilayah Pemodelan	52
Gambar 13. Hasil <i>Desire Line Trip Assignment</i> Visum.....	53
Gambar 14. Grafik Uji Validasi Volume Lalu Lintas.....	59
Gambar 15. <i>Desire Line trip Assignment</i> Kampus Universitas Hasanuddin	63
Gambar 16. Ruas Jaringan Jalan Dengan Klasifikasi Tingkat Pelayanan “A”	66
Gambar 17. Ruas Jaringan Jalan Denga Klasifikasi Tingkat Pelayanan “C”	66
Gambar 18. Ruas Jaringan Jalan Dengan Klasifikasi Tingkat Pelayanan “C”	72
Gambar 19. Ruas Jaringan Jalan Dengan Klasifikasi Tingkat Pelayanan “D”	72
Gambar 20. Ruas Jaringan Jalan Dengan Klasifikasi Tingkat Pelayanan “E”	73

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Bentuk Umum Dari Matriks Asal Tujuan (MAT	17
Tabel 2. Kriteria Validitas	32
Tabel 3. Tingkat Pelayanan Jalan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	35
Tabel 4. Detail Pembagian Zona.....	50
Tabel 5. <i>Trip Assignment</i> Tiap Jaringan Jalan	53
Tabel 6. Tabel Kalibrasi Awal	55
Tabel 7. Tabel Kalibrasi Akhir	56
Tabel 8. Ringkasan Indikator Tes GEH.....	58
Tabel 9. Presentasi Hasil Tes GEH	58
Tabel 10. MAT <i>Motor Cycle (MC)</i>	61
Tabel 11. MAT Model <i>Light Vehicle (LV)</i>	62
Tabel 12. Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan Hasil Estimasi Volume Lalu Lintas	64
Tabel 13. MAT <i>Motor Cycle</i> pada tahun ke-5.....	68
Tabel 14. MAT <i>Low Vehicle</i> pada tahun ke-5.....	69
Tabel 15. Prediksi dan Kinerja Lalu Lintas Pada Jaringan Jalan Pada Tahun ke-5	70

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Universitas Hasanuddin merupakan sebuah perguruan tinggi negeri di Makassar, Sulawesi Selatan. Kampus Universitas Hasanuddin menempati area seluas 220 hektare di Tamalanrea dengan berbagai fasilitas dan menyediakan Pendidikan pada 16 fakultas yang terbagi menjadi empat disiplin ilmu, yaitu sains dan teknologi, social dan humaniora, ilmu Kesehatan dan ilmu pertanian. Pergerakan kendaraan yang terjadi antar fakultas dan terdapatnya daerah pemukiman penduduk yang mengakses jalan utama Kampus Universitas Hasanuddin membuat permasalahan transportasi semakin kompleks. Permasalahan transportasi meliputi kemacetan pada ruas-ruas jalan tertentu.

Beberapa ruas jalan di kampus Universitas Hasanuddin berpotensi mengalami kemacetan dikarenakan moda transportasi yang melintas di jalan tersebut sudah melebihi kapasitas jalan tersebut. Disisi lain distribusi penyebaran moda transportasi di setiap ruas jalan tidak merata, yang menyebabkan terjadinya overload pada beberapa ruas jalan di Kampus Universitas Hasanuddin.

Terdapat banyak arus lalu lintas yang terjadi di Kampus Universitas Hasanuddin seperti arus lalu lintas dalam Kampus Universitas Hasanuddin (internal-internal) dan sebaliknya (eksternal-internal, serta arus yang hanya melewati Kampus Universitas Hasanuddin (eksternal-eksternal). Oleh

karena itu, harus adanya pengetahuan mengenai arus internal-eksternal yang terjadi dalam Kampus Universitas Hasanuddin. Disisi lain, belum adanya penelitian berkaitan yang menyertakan arus lalu lintas internal-eksternal pada pemodelan transportasi di Kampus Universitas Hasanuddin.

Pemodelan transportasi merupakan solusi awal yang tepat dalam penanganan permasalahan yang terjadi pada beberapa ruas jalan di Kampus Universitas Hasanuddin. Pemodelan transportasi sendiri merupakan penyederhanaan dari suatu hal yang besar dan kompleks. Dalam hal ini, Kampus Universitas Hasanuddin disederhanakan dalam suatu pemodelan transportasi yang lebih mudah untuk diteliti dan dianalisis. Oleh sebab itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pemodelan transportasi di Kampus Universitas Hasanuddin.

Perangkat lunak kini banyak digunakan untuk memodelkan system transportasi perkotaan, metropolitan dan regional serta mengevaluasi kebijakan transportasi yang mempunyai efek ke semua transportasi yang ada. PTV Visum merupakan perangkat lunak yang dibuat oleh PTV Group, Jerman. Keunggulan dari perangkat lunak PTV Visum antara lain memiliki node dan link yang hampir tidak terbatas dan formula dapat dibuat sendiri sesuai keadaan dan kebutuhan. Perangkat lunak PTV Visum ini dapat membantu pemodelan dalam penelitian ini.

Berdasarkan latar belakang yang telah diemukakan, maka dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Pembebanan Pergerakan Kendaraan Bermotor Pada Kampus UNHAS Menggunakan Piranti Lunak Visum”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terkait, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Bagaimana estimasi volume lalu lintas pada jaringan jalan berbasis distribusi asal-tujuan perjalanan dengan menggunakan pendekatan Equilibrium pada piranti lunak PTV Visum?
2. Bagaimana kinerja lalu lintas pada jaringan jalan untuk kondisi eksisting dengan menggunakan hasil estimasi volume lalu lintas?
3. Bagaimana bentuk prediksi estimasi volume lalu lintas beserta kinerja lalu lintas pada jaringan jalan pada masa yang akan datang dengan menggunakan model distribusi asal tujuan perjalanan?

B.1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengestimasi volume lalu lintas pada jaringan jalan berbasis distribusi asal-tujuan perjalanan dengan menggunakan pendekatan Equilibrium pada piranti lunak PTV Visum
2. Menganalisis kinerja lalu lintas pada jaringan jalan untuk kondisi eksisting dengan menggunakan hasil estimasi volume lalu lintas
3. Memprediksi dan menganalisis kinerja lalu lintas pada jaringan jalan pada masa yang akan datang dengan menggunakan model distribusi asal-tujuan perjalanan

B.2. Manfaat Penelitian

1. Dapat mengestimasi volume lalu lintas pada jaringan jalan berbasis distribusi asal-tujuan perjalanan dengan menggunakan pendekatan Equilibrium pada piranti lunak PTV Visum
2. Mengetahui kinerja lalu lintas pada jaringan jalan untuk kondisi eksisting dengan menggunakan hasil estimasi volume lalu lintas.
3. Dapat memprediksi dan mengetahui kinerja lalu lintas pada jaringan jalan pada masa yang akan datang dengan menggunakan model distribusi asal-tujuan perjalanan.

B.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat mencapai maksud dan tujuan dari penulisan ini, serta menguraikan pokok bahasan diatas ditetapkan Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Wilayah kajian adalah kampus Universitas Hasanuddin.
2. Pembagian zona berdasarkan akses menuju setiap fakultas dan pusat kegiatan yang dibagi dalam beberapa zona yang mempengaruhi jumlah bangkitan dan tarikan.
3. Ruas jalan yang dianalisis adalah ruas jalan arteri dan ruas jalan kolektor (primer dan sekunder) sesuai pembagian jalan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006.

4. Pembagian zona berdasarkan akses menuju setiap fakultas dan pusat kegiatan yang dibagi dalam beberapa zona yang mempengaruhi jumlah bangkitan dan tarikan.
5. Pemodelan transportasi dianalisis pada aplikasi perangkat lunak PTV Visum.
6. Dampak perubahan tata guna lahan terhadap jumlah pergerakan diabaikan.
7. Penelitian ini tidak menghitung mengenai karakteristik tujuan perjalanan yang berasal dari zona eksternal.

B.4. Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah penulisan tugas akhir sistematika penulisan yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan dapat diurutkan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori-teori dan literatur terkait dengan objek dan/atau metodologi penelitian yang

berasal dari buku-buku maupun dari tulisan-tulisan lain yang mendukung pencapaian tujuan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai uraian data dan metode penelitian, bahan penelitian, peralatan penelitian, dan cara pengujian yang dilakukan terhadap data-data yang diperoleh serta batasan dan asumsi yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil penelitian dan pengolahan data serta pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian secara singkat dan jelas sebagai jawaban dari masalah yang diangkat dalam penelitian serta memberikan saran-saran sehubungan dengan analisis yang telah dilakukan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi

Sistem transportasi terdiri dari dua komponen pokok yaitu objek transportasi (manusia dan barang) dan fasilitas transportasi (sarana dan prasarana). Sistem transportasi adalah upaya manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya untuk memindahkan barang dan atau orang dari satu tempat ke tempat lain secara cepat dan tepat, lancar, aman, nyaman, ekonomis, dan ramah lingkungan. Dalam sistem transportasi ini terdapat dua hal yang perlu diperhatikan yaitu kebutuhan demand dan supply, dimana demand merupakan kebutuhan akan transportasi atau banyaknya perjalanan sedangkan supply berupa sarana dan prasarana.

Pada suatu wilayah perkotaan atau regional dengan jumlah penduduk yang besar, sistem transportasi yang tidak efektif akan menimbulkan banyak permasalahan transportasi dimana penyebab terjadinya masalah-masalah ini karena terjadi ketidakseimbangan antara demand dan supply. Ketidakseimbangan antara kedua elemen ini bisa berupa jumlah pertumbuhan demand lebih besar daripada supply. Dengan adanya permasalahan-permasalahan sistem transportasi pada suatu wilayah perkotaan perlu di buat sistem transportasi efektif yang dapat mengatasi masalah-masalah transportasi yang ada. Adapun pendekatan pemecahan masalah transportasi yaitu dengan melakukan transportasi yang terpadu dan berkesinambungan. Pendekatan perencanaan

transportasi mempunyai tujuan untuk memperkirakan jumlah serta lokasi kebutuhan akan transportasi (misalnya menentukan total pergerakan baik untuk angkutan umum maupun pribadi) pada masa mendatang atau pada tahun rencana yang akan digunakan untuk berbagai kebijakan investasi perencanaan transportasi.

Terdapat beberapa skala/periode waktu dalam perencanaan sistem transportasi perkotaan atau regional, yaitu skala panjang, menengah, dan pendek. Jangka waktu perencanaan bisa sangat lama (misalnya 25 tahun) yang biasanya digunakan untuk perencanaan strategi pembangunan kota berjangka panjang. Strategi ini akan sangat dipengaruhi oleh perencanaan tata guna lahan dan perkiraan arus lalu lintas, perencanaan ini biasanya dikategorikan berdasarkan moda dan rute. Kajian tersebut biasa dilakukan untuk merencanakan kota baru. Kajian lainnya adalah kajian transportasi berskala pendek, dengan tahun rencana 5 tahun. Kajian ini biasanya berupa kajian manajemen transportasi yang lebih menekankan dampak kebijakan manajemen lalu lintas terhadap perubahan rute suatu moda transportasi. Kajian tersebut pada dasarnya bersifat sangat teknis karena dampak tata guna lahan tidak begitu signifikan pada waktu yang sangat singkat.

Pada dasarnya proses perencanaan sistem transportasi memerlukan model untuk menganalisa sistem transportasi yang sudah ada maupun yang akan ada di masa datang. Model dapat didefinisikan sebagai bentuk penyederhanaan suatu realita atau dunia yang sebenarnya (Tamin,

2000) dan model dibuat hanya memperhatikan faktor-faktor yang dominan saja, sehingga dalam memecahkan suatu permasalahan faktor-faktor dominan itu akan diperhatikan lebih spesifik.(Ortuzar and Willumsen, 1990). Konsep perencanaan transportasi yang telah berkembang sampai saat ini dan yang paling populer adalah Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap dimana model ini merupakan proses bertahap dari beberapa sub model yang harus dilakukan secara terpisah dan berurutan (sequential). Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap terdiri dari 4 model dasar yaitu :

1. Trip Generation (Model Bangkitan-Tarikan Perjalanan)
2. Modal Split (Pemilihan Moda)
3. Trip Distribution (Model Sebaran Perjalanan)
4. Trip Assignment (Pemilihan Rute)

Dalam suatu pembuatan model ini biasanya didasarkan dari pengumpulan data pada suatu daerah kajian, dimana dalam perolehan data ini terdapat beberapa hal yang sangat mempengaruhi tingkat keberhasilan suatu model dalam mengestimasi besarnya jumlah kebutuhan akan transportasi yaitu penentuan zona dan jumlah sampel.

Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap ini merupakan gabungan dari beberapa konsep analitis dan submodel, yang masingmasing harus dilakukan secara terpisah dan berurutan. Submodel tersebut adalah :

1. Aksesibilitas
2. Bangkitan dan Tarikan Pergerakan (Trip Production and Attraction)
3. Sebaran Pergerakan (Trip Distribution)
4. Pemilihan Moda (Moda Split)
5. Pemilihan Rute (Trip Assignment)
6. Arus Lalu Lintas pada Jaringan Transportasi

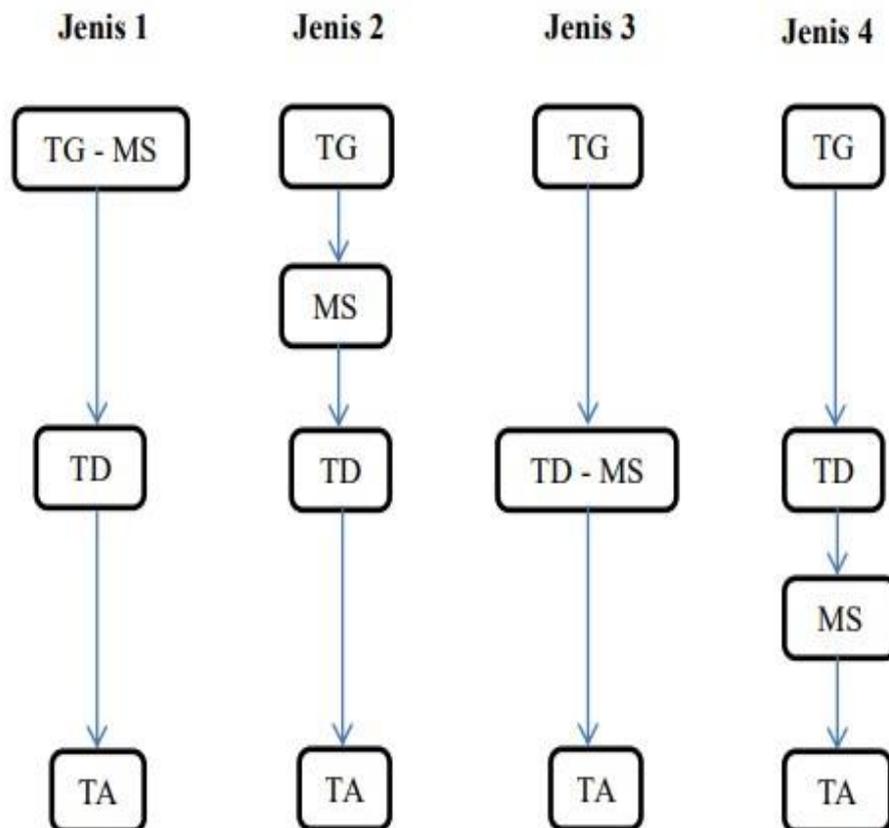
Aksesibilitas (konsep 1) adalah suatu ukuran kenyamanan atau lokasi guna lahan berinteraksi satu dengan yang lain mudah atau sulitnya lokasi tersebut dicapai melalui sistem jaringan transportasi (Black, 1981). Aksesibilitas kadang-kadang bukan merupakan bagian integral dari keseluruhan sistem, akan tetapi konsep ini dapat juga digunakan sebagai proses utama dalam kajian transportasi. Konsep ini digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan menolong mengevaluasi alternatif perencanaan transportasi yang diusulkan. Sedangkan arus lalu lintas pada jaringan jalan (konsep 6) adalah konsep yang termasuk pada beberapa tahapan yang berbeda.

Konsep 2 sampai dengan konsep 5 (bangkitan pergerakan, sebaran pergerakan, pemilihan moda dan rute) merupakan bagian utama model kajian transportasi, yang harus dilakukan secara berurutan.

Urutan pengkajian ada beberapa jenis, yang penggunaannya sangat tergantung pada kondisi di lapangan, ketersediaan data (kuantitas dan kualitas), waktu perencanaan dan lain-lain. Beberapa alternatif urutan konsep pemodelan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Terdapatnya

beberapa jenis urutan ini, karena model pemilihan moda sangat bervariasi dan sangat tergantung pada tujuan pemodelan transportasi. Penggunaan dari setiap alternatif sangat tergantung pada data yang tersedia, tujuan kajian, waktu kajian, dan lain-lain.

Empat variasi urutan konsep utama pemodelan transportasi (Black, 1981) adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Empat Variasi Urutan Konsep Pemodelan Transportasi

Keterangan :

TG = Trip Generation (Model bangkitan perjalanan)

MS = Moda Split (Pemilihan moda)

TD = Trip Distribution (Model sebaran perjalanan)

TA = Trip Assignment (Model pemilihan rute)

a. Model Bangkitan Pergerakan

Tahapan bangkitan pergerakan bertujuan mendapatkan jumlah pergerakan yang dibangkitkan oleh setiap zona asal (O_i) dan jumlah pergerakan yang tertarik ke setiap zona tujuan (D_d) yang ada di dalam daerah kajian. Proses estimasi pada tahapan ini umumnya menggunakan data yang didapat dari survey rumah tangga (home interview survey) yang dijadikan dasar dalam mengidentifikasi zona asal dan zona tujuan pergerakan dalam daerah kajian.

Ada beberapa metode yang dikenal dalam proses perhitungan bangkitan pergerakan yaitu dengan cara analisa regresi dan klasifikasi silang (cross classification) (Ortuzar dan Willumsen, 1990). Hasil akhir dari model bangkitan pergerakan ini adalah berupa bangkitan pergerakan (trip distribution) dan tarikan pergerakan (trip attraction).

b. Model Sebaran Pergerakan

Tahapan sebaran pergerakan dalam sistem transportasi tujuan utamanya untuk mendistribusikan atau mengalokasikan jumlah pergerakan yang dibangkitkan dari suatu zona asal atau yang tertarik ke suatu zona tujuan ke setiap zona tujuan yang ada. Sebaran

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

c. Model Pemilihan Moda

Model pemilihan moda bertujuan untuk mengetahui proporsi orang yang akan menggunakan setiap moda. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkalibrasi pemilihan moda pada tahun dasar dengan mengetahui peubah atribut yang mempengaruhi moda tersebut (Tamin, 2000). Setelah dilakukan proses kalibrasi, model dapat digunakan untuk meramalkan pemilihan moda dengan menggunakan nilai peubah atribut untuk masa mendatang.

d. Model Pemilihan Rute

Model pemilihan rute bertujuan mengidentifikasi rute yang ditempuh pengendara dari zona asal i ke zona tujuan d dan juga perjalanan yang melalui setiap ruas jalan pada suatu jaringan jalan. Hasil dari identifikasi rute yang dipilih oleh pengendara akan dijadikan dasar pembebanan arus pada masing-masing ruas jalan dalam sistem jaringan jalan daerah kajian. Suprayitno (2016) mengatakan bahwa model pemilihan rute memiliki beberapa tipe, yaitu : *all-or-nothing*, *incremental loading*, *equilibrium*, dan lainnya.

B. Model Sebaran Perjalanan

Sebaran pergerakan adalah bagian dari proses perencanaan transportasi yang berhubungan dengan pergerakan antar zona, sehingga hasil dari tahap ini adalah matriks asal tujuan (MAT). Tujuan dari pemodelan ini adalah mengkalibrasi persamaan-persamaan yang akan menghasilkan hasil observasi lapangan pola pergerakan asal tujuan.

Distribusi lalu lintas juga merupakan fungsi daripada tata guna lahan dan transportasi. Pola distribusi lalu lintas antara zona asal dan zona tujuan adalah hasil dari dua hal yang terjadi bersamaan, yaitu :

- Lokasi dan intensitas tata guna lahan yang akan menghasilkan lalu lintas.
- Spatial separation, interaksi antara dua buah tata guna lahan akan menghasilkan pergerakan manusia dan/atau barang.

Tata guna lahan akan cenderung menarik lalu lintas dari tempat yang lebih dekat dibandingkan dengan tempat yang jauh. Transportasi memecahkan permasalahan jarak sehingga perjalanan akan terjadi dengan mengesampingkan jarak antara kedua tata guna lahan.

Tamin (2000) mengatakan ada beberapa prosedur matematis telah dikembangkan sampai saat ini yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua metode.

a. Metode Analogi

Pada metode analogi suatu nilai tingkat pertumbuhan digunakan pada pergerakan pada saat sekarang untuk mendapatkan pergerakan pada masa yang akan datang.

Metode ini mengasumsikan bahwa pola pergerakan saat ini dapat diproyeksikan untuk masa yang akan datang, dengan menggunakan besarnya pertumbuhan zona. Kelompok metode ini dapat digambarkan secara umum dengan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$T_{id} = tid \times E \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

Tid = Σ pergerakan dari zona i ke zona d pada masa yang akan datang
 Tid= Σ pergerakan dari zona i ke zona d pada saat sekarang
 E= faktor pertumbuhan

Metode ini bergantung terhadap penggunaan faktor pertumbuhan (E) yang dapat berupa faktor tunggal ataupun faktor kombinasi dari beberapa faktor, dan diturunkan dari tata guna lahan dan proyeksi bangkitan pergerakan. Ini dapat dihitung dari seluruh daerah kajian ataupun dari beberapa zona yang terdapat didalam daerah kajian. Hasil perhitungan ini kemudian diterapkan ke matriks asal tujuan untuk daerah kajian.

Secara kronologis terdapat 5 model dalam metode ini (Tamin, 2000), yaitu :

- Metode Seragam (Uniform Method)
- Metode Rata-rata (Average Method)

- Metode Fratar
- Metode Detroit
- Metode Furness
- Metode Analogi Fluida

b. Metode Sintesis

Beberapa Kelemahan metode analogi telah mendorong orang untuk mengembangkan metode alternatif lain, yang sering dikenal dengan metode sintesis. Metode ini didasarkan pada asumsi :

- Sebelum pergerakan pada masa mendatang diramalkan, terlebih dahulu harus dipahami alasan terjadinya pergerakan pada masa sekarang.
- Alasan tersebut kemudian dimodelkan dengan menggunakan analogi hukum alam yang sering terjadi.

Prinsip yang menggarisbawahi metode sintesis adalah pergerakan dari zona asal ke zona tujuan berbanding lurus dengan besarnya bangkitan pergerakan di zona asal dan juga tarikan pergerakan di zona tujuan serta berbanding terbalik dengan jarak (kemudahan) antara kedua zona tersebut.

Pada metode sintesis harus dilakukan usaha untuk memodelkan hubungan atau kaitan yang terjadi antar pola pergerakan. Setelah pemodelan hubungan atau kaitan tersebut didapat, kemudian diproyeksikan untuk mendapatkan pola pergerakan pada masa yang akan datang. Metode ini merupakan fungsi dari satu atau lebih parameter.

Metode ini sedikitnya ada 4 model, yaitu:

1. Gravity Model (GR)

- Unconstrained Gravity (UCGR)
- Singly Constrained Gravity (SCGR)
- Production Constrained Gravity (PCGR)
- Attraction Constrained Gravity (ACGR)
- Doubly Constrained Gravity (DCGR)

2. Opportunity Model (OP)

3. Gravity Opportunity Model (GO)

4. Direct-Demand Model (DD)

B. 1. Matriks Asal – Tujuan (MAT)

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

Tabel 1. Bentuk Umum Dari Matriks Asal Tujuan (MAT)

Zona	1	2	3	...	N	O_j
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

Pada sebuah matriks asal-tujuan (MAT) yang dibuat, terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi seperti total sel matriks untuk setiap kolom (d) harus sama dengan jumlah pergerakan yang berasal dari zona d tersebut (Dd), sebaliknya total sel matriks untuk setiap baris (i) harus sama dengan jumlah pergerakan yang berasal dari zona i tersebut (Oi). hal ini sesuai dengan hukum konservasi yang harus dipenuhi oleh setiap model sebaran pergerakan atau trip distribution model sebagai berikut:

1. Jumlah dari seluruh trip antara zona i dan zona d untuk seluruh zona asal adalah sama dengan jumlah total atraksi ke zona d .

$$Dd = \sum_i T_{id} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

Dd = Total pergerakan ke zona tujuan d

T_{id} = Jumlah pergerakan dari zona asal ke tujuan d

i = Zona asal

2. Jumlah dari seluruh trip antara zona i dan d untuk seluruh zona tujuan d adalah sama dengan jumlah total produksi dari zona i .

$$O_i = \sum_d T_{id} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

O_i = Total pergerakan dari zona ke i

T_{id} = Jumlah pergerakan dari zona asal ke tujuan d

d = Zona Tujuan

3. Jumlah dari seluruh trip zona i dan zona d untuk semua i dan zona d adalah sama dengan jumlah total trip diseluruh daerah studi, yang mana

sama dengan jumlah total atraksi diseluruh zona tujuan dan sama dengan jumlah total produksi diseluruh zona asal.

$$T = \sum_i O_i = \sum_d D_d = \sum_i \sum_d T_{id} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

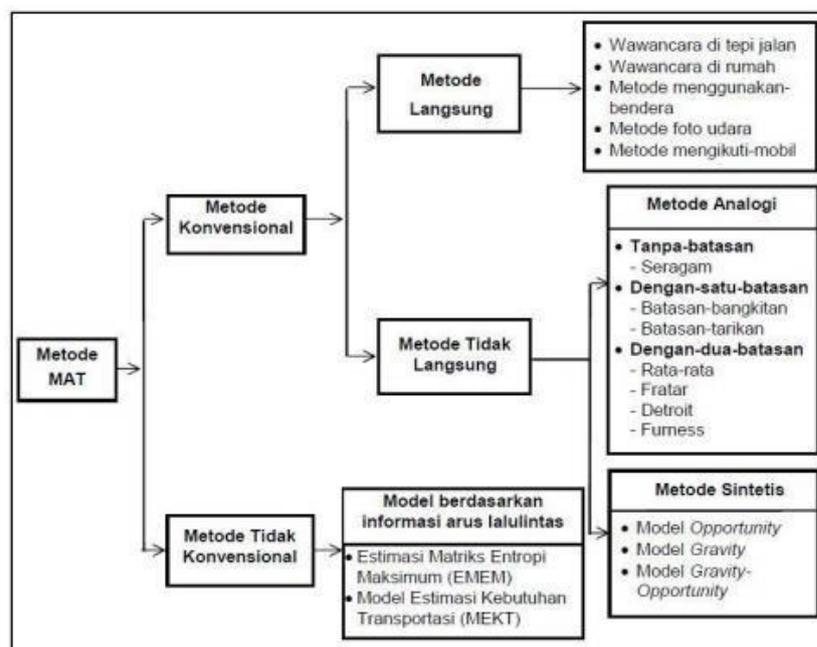
- D_d = Total pergerakan ke zona tujuan d
- T_{id} = Jumlah pergerakan dari zona asal ke tujuan d
- i = Zona asal
- O_i = Total pergerakan dari zona ke i
- T_{id} = Jumlah pergerakan dari zona asal ke tujuan d
- d = Zona Tujuan

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).

Ada beberapa metode yang digunakan untuk mendapatkan MAT dan metode-metode tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua bagian utama yaitu metode konvensional dan metode non konvensional (Tamin, 2000).

Penjelasan dari kedua metode tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Metode Untuk Mendapatkan Matriks Asal-Tujuan (MAT)

Sumber : Tamin (1985, 1986, 1988abc) dalam Tamin (2000)

B. 2. Model Gravity

Salah satu model sintesis yang paling sering digunakan dalam estimasi sebaran pergerakan adalah model gravity. Model gravity mempunyai beberapa keuntungan secara teori, praktis, sangat sederhana sehingga mudah dimengerti dan digunakan. Model ini menggunakan

konsep gravity yang diperkenalkan oleh Newton pada tahun 1686 yang dikembangkan dari analogi hukum gravitasi.

Metode ini berasumsi bahwa ciri bangkitan dan tarikan pergerakan berkaitan dengan beberapa parameter zona asal, misalnya populasi dan nilai sel MAT yang berkaitan juga dengan aksesibilitas (kemudahan) sebagai fungsi jarak waktu maupun biaya. Newton menyatakan bahwa (F_{id}) gaya tarik atau tolak antara dua kutub massa berbanding lurus dengan massanya m_i dan m_d , dan berbanding terbalik dengan kuadratis jarak (d_{id}) antara kedua massa tersebut yang dapat dinyatakan dengan rumus :

$$F_{id} = G \frac{m_i \times m_d}{(d_{id})^2} \text{ dengan } G \text{ adalah konstanta gravitasi..... (2.5)}$$

Dalam ilmu geografi, gaya dapat dianggap sebagai pergerakan antara dua daerah, sedangkan massa dapat digantikan dengan peubah seperti populasi atau bangkitan dan tarikan pergerakan; sedangkan jarak, waktu, dan biaya sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan). Jadi, untuk keperluan transportasi, model gravity dinyatakan sebagai berikut :

1. **Pallin (1973) dalam Stopher (1975)**, menerapkan analogi hukum gravitasi ini, dimana massa diganti dengan peubah populasi sehingga

Persamaan 2.5 dapat ditulis sebagai berikut :

$$T_{ij} = K \frac{P_i \times P_j}{(d_{ij})^n} \text{..... (2.6)}$$

Dimana :

T_{ij} = Pergerakan satu arah dari i ke j

P_i, P_j = Populasi dari zona i dan j

d_{ij} = Jarak antara zona I dan zona j

K, n = Konstanta

2. **Taaffe (1996)**, memperkenalkan perumusan untuk gravity model sebagai berikut :

$$a. T_{ij} = A_0 \frac{(P_i \times P_j)^{A_1}}{(d_{ij})^{A_2}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$b. T_{ij} = A_0 \frac{P_i^{A_1} \times P_j^{A_2}}{(d_{ij})^{A_3}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

T_{ij} = Pergerakan satu arah dari i ke j

P_i, P_j = Populasi dari zona i dan j

d_{ij} = Jarak antara zona I dan zona j

$A_0, 1, 2, 3$ = Konstanta

3. **Tamin (2000)**, menerapkan analogi hukum gravitasi dimana, massa digantikan dengan peubah bangkitan dan tarikan pergerakan, sehingga Persamaan 2.5 dapat ditulis sebagai berikut :

$$T_{id} = K \frac{O_i \times O_d}{(d_{id})^n} \dots\dots\dots (2.9)$$

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

O_i = Jumlah pergerakan yang berasal dari zona i

O_d = Jumlah pergerakan yang menuju ke zona d

d_{id} = Ukuran aksesibilitas antara zona i dan zona d

K = Konstanta

Dalam bentuk matematis, persamaan 2.9 dapat dinyatakan sebagai :

$$Tid \approx Oi . Dd . f(Cid) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan batasan :

$$Oi = i Tid \text{ dan } Dd = i Tid \dots\dots\dots(2.11)$$

O_i dan D_d menyatakan jumlah pergerakan yang berasal dari zona i dan berakhir di zona d. Oleh karena itu, penjumlahan sel MAT menurut “baris” menghasilkan total pergerakan yang berasal dari tiap zona, sedangkan penjumlahan menurut “kolom” menghasilkan total pergerakan yang menuju setiap zona.

Pengembangan Persamaan 2.10 dengan batasan Persamaan (2.11) menghasilkan Persamaan 2.11 sebagai berikut :

$$Tid = Oi . Dd . Ai . Bd . f(Cid) \dots\dots\dots(2.12)$$

Kedua persaman 2.11 dapat dipenuhi jika digunakan konstanta A_i dan B_d yang terkait dengan setiap zona bangkitan dan tarikan. Konstanta ini disebut faktor penyeimbang :

$$Ai = \frac{1}{\sum d . Bd . Dd . fid} \text{ dan } Bd = \frac{1}{\sum i Ai . Oi . fid} \dots\dots\dots(2.13)$$

Sedangkan $f(C_{id})$ merupakan fungsi hambatan atau hambatan transportasi yang dianggap sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan) antara zona i dengan zona d .

Persamaan A_i dan B_d didapatkan secara berulang-ulang dan dapat dengan mudah dicek bahwa T_{id} pada Persamaan 2.10 sudah memenuhi batasan Persamaan 2.11. Nilai B_d dapat dihitung untuk setiap d dengan menggunakan Persamaan 2.11, yang nilainya kemudian digunakan lagi untuk menghitung kembali nilai A_i . Proses ini diulangi sampai nilai A_i dan B_d menghasilkan nilai tertentu (konvergen).

B. 3. Model *Doubly Constrained Gravity Model* (DCGR)

Model DCGR, dalam hal ini bangkitan dan tarikan pergerakan harus selalu sama dengan yang dihasilkan oleh tahap bangkitan pergerakan. Model yang digunakan persis sama dengan persamaan (2.11), tetapi dengan syarat batas :

$$Bd = \frac{1}{\sum_i (A_i O_i f_{id})} \text{ untuk semua } d \dots\dots\dots (1)$$

dan

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d D_d f_{id})} \text{ untuk semua } d \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

F_{id} = Gaya tarik atau tolak antara dua kutub massa

bebanding lurus dengan massanya.

Fungsi Hambatan sangat penting untuk diketahui adalah f_{id} harus dianggap sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan) antar zona i dengan zona d ,

$$f_{id} = C_{id}^{-\beta} e^{-\beta C_{id}} \text{ (Fungsi eksponensial-negatif) } \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

f_{id} = Fungsi eksponensial-negatif

C_{id} = Jarak perjalanan dari zona asal i ke zona tujuan d

$-\beta$ = Fungsi eksponensial-negatif

C. Model Pemilihan Rute

Model harus mewakili ciri sistem transportasi dan salah satu hipotesis tentang pemilihan rute pemakai jalan. Terdapat tiga hipotesis yang dapat digunakan menghasilkan jenis model yang berbeda-beda.

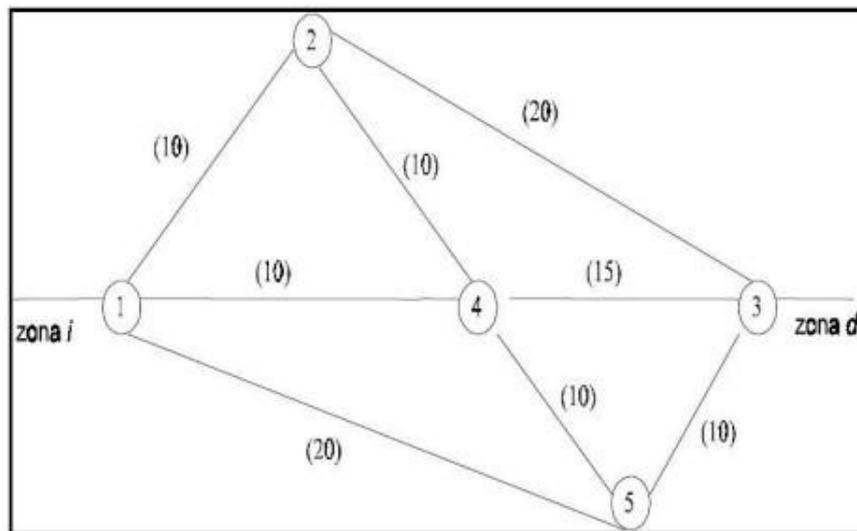
C. 1. Pembebanan All-or-nothing

Model ini merupakan model pemilihan rute yang paling sederhana, yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan biaya perjalanannya yang tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara. Jika semua pengendara memperkirakan biaya ini dengan cara yang sama, pastilah mereka memilih rute yang sama. Biaya ini dianggap tetap dan tidak dipengaruhi oleh efek kemacetan.

Metode ini menganggap bahwa semua perjalanan dari zona asal *i* ke zona tujuan *d* akan mengikuti rute tercepat. Dalam kasus tertentu, asumsi ini dianggap cukup realistis, misalnya untuk daerah pinggiran kota yang jaringan jalannya tidak begitu rapat dan yang tingkat kemacetannya tidak begitu berarti. Tetapi, asumsi ini menjadi tidak realistis jika digunakan untuk daerah perkotaan yang sering mengalami kemacetan.

Gambar 3 (Black, 1982) mengilustrasikan metode pembebanan all-or-nothing (angka pada setiap ruas adalah waktu tempuh dalam menit untuk ruas tersebut). Mudah dilihat bahwa rute tercepat dari zona *i* ke zona *d* adalah 1-4-3. Rute tercepat dari zona *i* ke setiap zona lainnya dalam

daerah kajian dapat ditentukan, dan kumpulan rute itu disebut pohon dari zona i.



Gambar 3. Jaringan Sederhana dan Waktu Tempuh Ruas.

Sumber : Black (1982)

Metode all-or-nothing kurang disukai oleh para perencana; biasanya digunakan untuk memperlihatkan garis keinginan, misalnya rute yang dipilih pengendara jika tidak ada kemacetan. Juga, dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan model pemilihan rute yang lain, misalnya metode pembebanan keseimbangan dan stokastik.

C. 2. Equilibrium Assignment

Model ini merupakan model pemilihan rute yang paling sering digunakan oleh pengendara yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan jarak perjalanan yang lebih pendek. Dengan mengasumsikan pengendara mengambil keputusan untuk jarak perjalanan yang lebih pendek, maka akan mengurangi jumlah penggunaan

bahan bakar walaupun terdapat titik-titik kemacetan di ruas-ruas jalan tersebut.

Metode ini menganggap bahwa semua perjalanan dari zona asal ke zona tujuan akan mengikuti rute terpendek. Dalam kasus tertentu, asumsi ini bisa dianggap cukup realistis pula, misalnya untuk perjalanan yang berasal dari pinggiran kota menuju ke pusat kota. Hal ini akan dapat mengurangi waktu dan biaya perjalanan.

Dalam konteks dengan pemilihan rute, pernyataan yang sama dengan asumsi dasar di atas secara singkat telah dibahas oleh Wardrop (1952). Pada tulisan tersebut diuraikan bahwa terdapat dua perilaku intuitif yang menjelaskan bagaimana lalu-lintas dapat didistribusikan ke dalam rute yang dikenal dengan Prinsip Wardrop Equilibrium. Dua prinsip tersebut dinyatakan sebagai berikut:

- (1) *"Under equilibrium condition traffic arranges itself in congested networks in such a way that no individual trip maker can reduce his path cost by switching routes."*
- (2) *"Under social equilibrium condition traffic should be arranged in congested networks in such a way that average (or total) travel is minimised."*

Dari prinsip Wardrop pertama dapat disimpulkan bahwa dalam kondisi equilibrium tidak ada pengguna jalan yang dapat mengubah rute untuk mendapatkan biaya perjalanan lebih murah, karena semua rute yang tidak digunakan mempunyai biaya perjalanan yang sama atau lebih besar

dari pada rute yang dilaluinya sekarang. Sehingga dapat dikatakan sistem tersebut mencapai kondisi seimbang menurut pandangan pengguna. Oleh karena itu prinsip ini disebut user's equilibrium. Secara matematis prinsip tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C_{pij} \begin{cases} = c_{ij}^* & \text{untuk seluruh } T_{pij}^* > 0 \\ \geq c_{ij}^* & \text{untuk seluruh } T_{pij}^* = 0 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

C_{ij} = Biaya Minimum dari i ke j.
 = Arus pada Lintasan yang Memenuhi Prinsip Wardrop pertama dan semua biaya dihitung setelah

T_{pij} = Dibebani

Dalam hal ini arus pada lintasan a dihasilkan dari rumusan berikut :

$$V_a = \sum_{pij} \delta_{pij}^a T_{pij} \dots\dots\dots (2)$$

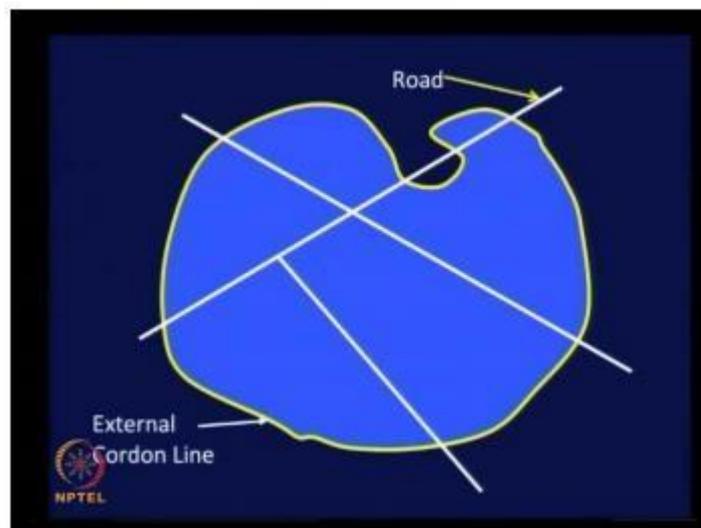
Dimana :

$\delta_{pij}^a = \begin{cases} 1, & \text{jika ruas } a \text{ berada pada lintasan } p \text{ dari } i \text{ ke } j \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$

D. Daerah Studi (Garis batas wilayah)

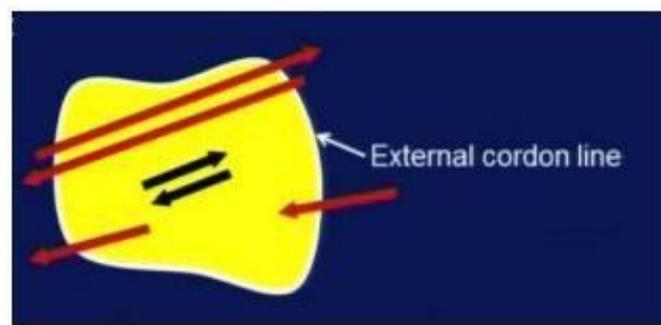
Daerah studi ditetapkan sebagai suatu ruang/spasial (obyek) yang dilakukan perencanaan dan pemodelan untuk memprediksi kebutuhan transportasi yang ada di dalam/dari/menju ke daerah tersebut. Daerah studi dapat berupa daerah perkotaan atau pengembangan kota di masa yang akan datang. Untuk perencanaan di tingkat perkotaan wilayah studi harus merangkul seluruh konstribusi, yang ada dan memiliki potensial untuk membangun wilayah kota tersebut.

Daerah studi dibatasi oleh suatu garis batas yang disebut sebagai Garis batas wilayah. Garis batas wilayah ditentukan untuk tidak memotong jalan yang sama lebih dari dua kali, sehingga dapat menggambarkan atau memberi batas antar arus lalu lintas tiap daerah. Garis batas wilayah dapat ditentukan sebagai batas alami, seperti sungai, jalan kereta api, dll. Contoh pembuatan garis Cordon ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Contoh pembuatan garis Cardon

Pada pembuatan garis Cordon, Daerah internal (dalam garis cordon) menentukan pola perjalanan untuk sebagian besar, sedangkan daerah eksternal (di luar garis cordon) hanya sebagian saja (tidak terlalu rinci). Pembagian daerah tersebut mengakibatkan adanya gerakan yang berasal dari internal ke internal (tanda panah hitam), internal ke eksternal, eksternal ke internal, dan eksternal ke eksternal (tanda panah merah). Pembagian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pembagian daerah internal eksternal

Sumber : Thamizh (2016)

Berikut ini adalah survey yang biasanya dilakukan untuk mendapat data perjalanan melalui garis cordon :

- Survey wawancara rumah
- Survey angkutan umum
- Wawancara sisi jalan Mengikuti satu kendaraan

E. Kalibrasi dan Validasi Pemodelan Transportasi

Validasi model adalah suatu proses untuk memverifikasi apakah model tersebut valid atau tidak valid. Model dikatakan valid jika presentase kesalahannya masih dalam presentase validasi. Setelah diketahui validasi

dari model tersebut, kalibrasi dapat dilakukan untuk model tersebut. Kalibrasi model adalah suatu proses menaksir nilai parameter-parameter suatu model dengan menggunakan berbagai teknik atau metode seperti analisa numerik, aljabar linear, optimasi dan lain-lain. Proses kalibrasi model dilakukan dengan menggunakan bantuan algoritma computer dan beberapa kinerja statistic untuk menentukan tingkat ketepatan model. Setelah dikalibrasi, model dapat digunakan untuk kepentingan peramalan pada masa mendatang. Dengan demikian, salah satu metode validasi dan kalibrasi yang paling sederhana adalah dengan mendefinisikan ambang kesalahan yang dapat diterima (Suprayitno, 2016). Kriteria persentase kevalidan data berdasarkan Akbar (2013:157) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Validitas

No	Kriteria Validitas	Tingkat Validitas
1	85,01% - 100,00%	Sangat Valid
2	70,01% - 85,00%	Cukup Valid
3	50,01% - 70,00%	Kurang Valid
4	01,01% - 50,00%	Tidak Valid

F. Survey Interview Langsung

Survei Interview Langsung di tepi jalan adalah salah satu jenis survey yang dapat diandalkan dari survei untuk koleksi asal dan data tujuan. Survei ini pada dasarnya dimaksudkan untuk menghasilkan data pada pola perjalanan dari penduduk rumah tangga. Survey ini dilakukan langsung di tepi jalan secara bersamaan pada setiap zona yang telah

ditentukan pada saat *peak hourse*. Dengan demikian kita dapat langsung mengetahui asal dan tujuan perjalan penduduk rumah tangga suatu lokasi zona tersebut.

G. Kapasitas Ruas Jalan dan Tingkat Pelayanan

Kapasitas satu ruas jalan dalam satu sistem jalan raya adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut (dalam satu maupun kedua arah) dalam periode waktu tertentu dan dibawah kondisi jalan dan lalu lintas yang umum.

G. 1. Analisis Ruas Jalan

Dalam mengevaluasi permasalahan lalu-lintas perkotaan perlu tinjauan klasifikasi fungsional dan sistem jaringan ruas jalan yang ada. Klasifikasi berdasarkan fungsi jalan perkotaan dibedakan kedalam jalan arteri, kolektor, local. Sedangkan klasifikasi berdasarkan sistem jaringan terdiri atas jalan primer dan sekunder.

Umumnya permasalahan lalu-lintas di perkotaan hanya terjadi pada jalan utama yang dalam klasifikasi jalan arteri dan kolektor. Pada jalan utama, volume lalu-lintas umumnya besar. Disisi lain, pada jalan lokal, karena volume lalu lintas umumnya rendah dan akses terhadap lahan sekitarnya tinggi, maka permasalahan lalu-lintas tidak ada dan sifatnya lokal. Kinerja lalu-lintas perkotaan dapat dinilai menggunakan parameter lalu-lintas berikut:

1. Untuk ruas jalan, dapat berupa V/C Ratio (Rasio antara volume dan kapasitas), kecepatan dan kepadatan lalu-lintas.
2. Untuk persimpangan, dapat berupa tundaan dan kapasitas sisa.

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), besarnya kapasitas jalan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

dimana:

C = kapasitas (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

G. 2. Kinerja Ruas Jalan

Beberapa kinerja yang dibutuhkan dapat diterangkan sebagai berikut:

1. V/C Ratio menunjukkan kondisi ruas jalan dalam melayani volume lalu lintas yang ada.
2. Kecepatan perjalanan rata-rata dapat menunjukkan waktu tempuh dari titik asal ketitik tujuan dalam wilayah pengaruh yang akan menjadi tolak ukur dalam pemilihan rute perjalanan serta analisis ekonomi.

3. Tingkat pelayanan indikator yang mencakup gabungan beberapa parameter dari ruas jalan. Penentuan tingkat pelayanan akan disesuaikan dengan kondisi lalu lintas yang ada.

Tingkat pelayanan menyatakan tingkat kualitas arus lalu lintas yang sesungguhnya terjadi pada ruas jalan, layak atau tidaknya suatu kapasitas jalan dalam menampung volume lalu lintas yang terjadi dalam standardisasi menurut buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Tabel 3. Tingkat Pelayanan Jalan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)

Tingkat Pelayanan	Kondisis Arus Lalu lintas	V/C Rasio
A	Kondisi arus lalu lintas bebas dengan kecepatan tinggi dan volume lalu lintas rendah	0,00 - 0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas	0,21 - 0,44
C	rus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan	0,45 - 0,74
D	Arus mendekati stabil, kecepatan masih dapat dikendalikan. V/C masih dapat ditolerir	0,75 - 0,84
E	Arus tidak stabil Kecepatan terkadang terhenti, permintaan sudah mendekati kapasitas	0,85 - 1,00
F	Arus dipaksakan, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, antrian panjang (macet)	> 1

H. Sekilas Program PTV Visum

PTV Visum merupakan salah satu perangkat lunak dalam dunia keteknik sipil terutama bagian transportasi yang dikembangkan oleh PTV Group di Jerman. PTV Group tidak hanya meluncurkan perangkat lunak

PTV Visum, tetapi banyak perangkat lunak yang dihasilkan untuk masyarakat umum. Seperti : PTV Visum (pemodelan secara makro untuk perkembangan jaringan transportasi dan model kebutuhan), PTV Vissim (detail model mikroskopis untuk semua jenis moda transportasi), PTV Viswalk (simulasi pedestrian dalam maupun luar bangunan), PTV Vistro (solusi untuk semua analisis lalu lintas), PTV Balance (control online signal jaringan lalu lintas), PTV Safety (pengelolaan alat untuk analisis perlindungan terhadap kecelakaan), PTV Optima (simulasi model lalu lintas, berdasarkan dari model PTV Visum). Kelebihan utama dari program ini adalah pada kemampuannya untuk memodelkan persoalan transportasi secara multi modal. PTV Visum adalah sistem perencanaan transportasi urban multi modal baik angkutan pribadi maupun angkutan umum serta output grafik yang interaktif. Program tersebut menawarkan bagi para perencana suatu metode pemodelan dan analisa jaringan dengan multi moda, pemodelan demand transport, dan implementasi dari prosedur evaluasi network. PTV Visum menawarkan bagi perencana suatu variasi untuk perbandingan secara langsung dari kondisi eksisting dan kondisi masa datang yang tercermin dalam perubahan lalu lintas pada jaringan jalan maupun perubahan transit network dalam hal karakteristik social ekonomi pada area studi. Dalam penelitian ini menggunakan PTV Visum versi 22 untuk pelajar sehingga lisensi yang digunakan dalam penggunaan aplikasi ini merupakan lisensi untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan.