

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA JARINGAN
JALAN DI KABUPATEN GOWA MENGGUNAKAN APLIKASI
VISUM**

***ANALYSIS OF TRAFFIC PERFORMANCE ON ROAD
NETWORKS IN GOWA REGENCY USING VISUM
APPLICATION***

**MUH. AGUNG KURNIAWAN S
D011 17 1550**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA JARINGAN JALAN DI KABUPATEN
GOWA MENGGUNAKAN APLIKASI VISUM**

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. AGUNG KURNIAWAN S.

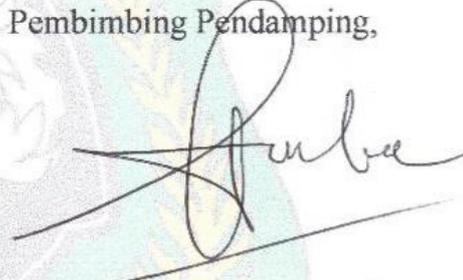
D011 17 1550

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 Oktober 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST, MT
NIP. 197309262000121002

Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT
NIP. 196311271992031001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wilardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP. 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Muh. Agung Kurniawan S, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul " **ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA JARINGAN JALAN DI KABUPATEN GOWA MENGGUNAKAN APLIKASI 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, 27 Agustus 2021



uat pernyataan,

Muh. Agung Kurniawan S.
NIM: D011 17 1550

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 pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA JARINGAN JALAN DI KABUPATEN GOWA MENGGUNAKAN APLIKASI 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 kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., 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.

4. 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 penulisan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen yang telah membantu penulis selama mengikuti Pendidikan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kedua orangtua dan keluarga tercinta, atas doa, kasih sayang, motivasi dan segala dukungannya selama ini baik secara moral dan materiil.
8. Kepada Asisten Laboratorium Rekayasa Sistem Transportasi 2017 sebagai partner tim yang telah berjuang Bersama selama proses penelitian berlangsung.
9. Kepada anggota Mappala Corp yang telah menemani dalam kondisi apapun sejak awal hingga akhir masa perhuliahan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dan terkhusus kepada Fahad yang telah memberi sarana dan prasarana terbentuknya Mappala Corp.

10. Kepada anggota Toko Listy yang telah menjadi teman terbaik dan selalu loyal dalam kondisi apapun.

11. Teman-teman KKD struktur 2017 yang telah banyak membantu dalam proses penelitian.

12. Teman-teman PLASTIS 2018 yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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 yang berkepentingan.

Gowa, Juli 2021

Penulis

ABSTRAK

Kab Gowa sebagai wilayah simpul yang telah ditetapkan sebagai salah satu bagian perencanaan kota Metropolitan, kota terpadu Mamminasata, sehingga Kabupaten Gowa memiliki peranan sebagai sub pusat pengembangan Kota Makassar. Meningkatnya pergerakan lalu lintas, memunculkan masalah transportasi termasuk antrian kendaraan di beberapa ruas jalan yang ada di kota Sungguminasa. Pada beberapa ruas jalan Kabupaten Gowa 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 Kabupaten Gowa khususnya Kecamatan Somba Opu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi estimasi volume dan menganalisis kinerja lalu lintas pada jaringan jalan berbasis distribusi asal-tujuan perjalanan dengan menggunakan pendekatan Equilibrium pada piranti lunak PTV Visum serta memprediksi estimasi volume lalu lintas beserta kinerja lalu lintas pada jaringan jalan pada masa yang akan datang dengan menggunakan model distribusi asal-tujuan perjalanan.

Hasil distribusi model akan dikalibrasi dan validasi berdasar pada volume lalu lintas kendaraan eksisting. Hasil estimasi volume lalu lintas akan digunakan untuk menganalisis kinerja jaringan jalan dan memprediksi serta menganalisis kinerja jaringan jalan pada masa yang akan datang.

Berdasarkan hasil trip assignment menggunakan aplikasi PTV Visum, diperoleh hasil kalibrasi dan validasi membutuhkan 2 kali perhitungan kalibrasi dan validasi. Kinerja ruas jaringan jalan kondisi eksisting menunjukkan klasifikasi tingkat pelayanan "B" yang berarti arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Masih terdapat beberapa ruas jaringan jalan dengan klasifikasi tingkat pelayanan "A" dan "C". Dengan faktor pertumbuhan kendaraan Kabupaten Gowa sebesar 6% per tahun, prediksi dan kinerja lalu lintas pada jaringan jalan pada masa yang akan datang terdapat beberapa ruas jaringan jalan yang mengalami perubahan klasifikasi tingkat pelayanan menjadi "D" dan "E".

Kata kunci : Jaringan Jalan, Trip Assigment, Kabupaten Gowa, PTV Visum

ABSTRACT

Gowa Regency is a node area that has been designated as a part of planning for the Metropolitan City, the integrated city of Mamminasata, so that Gowa Regency has a role as a sub-center for Makassar City development. Considering traffic movements, it raises transportation problems including vehicle queues on several roads in the city of Sungguminasa. Some roads in Gowa Regency have the potential to experience congestion because the modes of transportation that pass on the road have exceeded the capacity of the road. On the other hand, the distribution of the distribution of transportation modes on each road segment is uneven, which causes overloads on several roads in Gowa Regency, especially Somba Opu District.

The purpose of this study is to estimate volume estimates and analyze traffic performance on the road network based on the origin-destination distribution using the Equilibrium approach on PTV Visum software and predict traffic volume estimates along with traffic performance on the road network in the future. using the origin-destination distribution model.

The distribution model results will be calibrated and validated based on the existing traffic volume. The results of the estimated traffic volume will be used to analyze the performance of the road network and predict and analyze the performance of the road network in the future.

Based on the results of the trip assignment using the PTV Visum application, the results of calibration and validation require 2 times of calibration and validation calculations. The performance of the existing road network shows a service level classification of "B" which means the flow is stable, but the speed of operation is starting to be limited by traffic conditions. There are still a number of road network segments with a service level classification of "A" and "C". With the Gowa Regency vehicle growth factor of 6% per year, predictions and traffic performance on the road network in the future, there are several road network sections that have changed the classification of service levels to "D" and "E".

Keywords : Road Network, Trip Assigment, Gowa Regency, PTV Visum

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	3
B. 1. Tujuan Penelitian	4
B. 2. Manfaat Penelitian	4
B. 3. Batasan Masalah	5
B. 4. Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi	8

B. Model Sebaran Perjalanan.....	15
B. 1. Matriks Asal – Tujuan (MAT)	18
B. 2. Model Gravity	22
B. 3. Model <i>Doubly Constrained Gravity Model</i> (DCGR).....	26
C. Model Pemilihan Rute.....	27
C. 1. Pembebanan All-or-nothing.....	27
C. 2. <i>Equilibrium Assignment</i>	28
D. Daerah Studi (Garis batas wilayah)	31
E. Kalibrasi dan Validasi Pemodelan Transportasi	33
F. Survey Interview Langsung	33
G. Kapasitas Ruas Jalan dan Tingkat Pelayanan.....	34
G. 1. Analisis Ruas Jalan.....	34
G. 2. Kinerja Ruas Jalan.....	35
H. Sekilas Program PTV Visum.....	36
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	38
A. Kerangka Kerja Penelitian.....	38
B. Landasan Teori	40
C. Metode Pengumpulan Data	40
D. Metode Estimasi dan Analisis	45
D. 1. Estimasi Menggunakan PTV Visum	45
D. 2. Kalibrasi dan Validasi	49

E. Analisis Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan	50
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	51
A. Pemodel Area Zona dan Jaringan Jalan	51
B. Input Matrik Asal Tujuan (MAT)	53
C. Trip Assigment menggunakan Aplikasi PTV Visum.....	54
D. Kalibrasi dan Validasi Model Distribusi	57
D. 1. Proses Validasi dan Kalibrasi	57
D. 2. Model Distribusi Asal-Tujuan Perjalanan	64
E. Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan.....	67
F. Prediksi Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan pada Masa yang Akan Datang	72
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	78
A. Kesimpulan	78
B. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Empat Variasi Urutan Konsep Pemodelan Transportasi	12
Gambar 2. Metode Untuk Mendapatkan Matriks Asal-Tujuan (MAT).....	21
Gambar 3. Jaringan Sederhana dan Waktu Tempuh Ruas.	28
Gambar 4. Contoh pembuatan garis Cordon.....	31
Gambar 5. Pembagian daerah internal eksternal	32
Gambar 6. Outline Kerangka Kerja Penelitian	39
Gambar 7. Peta Wilayah Administrasi Kecamatan Somba Opu	44
Gambar 8. Peta Jaringan Jalan kecamatan Somba Opu.....	44
Gambar 9. Zona dan Jaringan Jalan	46
Gambar 10. Diagram Alir Pengoperasioan PTV Visum	48
Gambar 11. Jaringan Jalan Model	52
Gambar 12. Zona Wilayah Administrasi Model.....	52
Gambar 13. Hasil <i>Desire Line Trip Assignment Visum</i>	55
Gambar 14. <i>Desire Line Trip Assignment</i> Kecamatan Somba Opu	66
Gambar 15. Ruas Jaringan Jalan Dengan Klasifikasi Tingkat Pelayanan “A”	70
Gambar 16. Ruas Jaringan Jalan Dengan Klasifikasi Tingkat Pelayanan “C”	71
Gambar 17. Ruas Jaringan Jalan Dengan Klasifikasi Tingkat Pelayanan “D”	76
Gambar 18. Ruas Jaringan Jalan Dengan Klasifikasi Tingkat Pelayanan “E”	77

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Bentuk Umum Dari Matriks Asal Tujuan (MAT)	19
Tabel 2. Kriteria Validitas.....	33
Tabel 3. Tingkat Pelayanan Jalan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	36
Tabel 4. Detail Pembagian Zona	51
Tabel 5. MAT Low Vehicle (LV)	53
Tabel 6. MAT Motor Cycle (MC)	54
Tabel 7. <i>Trip Assignment</i> Tiap Jaringan Jalan	56
Tabel 8. Tabel Kalibrasi Awal	58
Tabel 9. MAT Keseimbangan Motor	60
Tabel 10. MAT Keseimbangan Mobil.....	60
Tabel 11. Faktor Bangkitan/Tarikan Perjalanan Kendaraan.....	62
Tabel 12. MAT Low Vehicle (LV) Setelah Kalibrasi.....	63
Tabel 13. MAT Motor Cycle (MC) Setelah Kalibrasi.....	63
Tabel 14. Tabel Kalibrasi Akhir	65
Tabel 15. Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan Hasil Estimasi Volume Lalu Lintas	68
Tabel 16. MAT <i>Low Vehicle</i> pada tahun ke-5	73
Tabel 17. MAT <i>Low Vehicle</i> pada tahun ke-5	73
Tabel 18. Prediksi dan Kinerja Lalu Lintas pada Jaringan Jalan pada Tahun ke-5	74

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kabupaten Gowa adalah kabupaten yang terletak dibagian selatan provinsi Sulawesi Selatan dan berbatasan langsung dengan Kota Makassar yang merupakan Kota Madya sekaligus Ibu Kota Provinsi Sulawesi Selatan. Kab Gowa sebagai wilayah simpul yang telah ditetapkan sebagai salah satu bagian perencanaan kota Metropolitan, kota terpadu Mamminasata, sehingga Kabupaten Gowa memiliki peranan sebagai sub pusat pengembangan Kota Makassar bagi pengembangan kawasan pemukiman. Berkembangnya Kabupaten Gowa sebagai sub pusat pengembangan Kota Makassar yang diikuti dengan bertambahnya kawasan pemukiman yang berarti jumlah penduduk juga akan bertambah besar. Meningkatnya pertumbuhan dan perkembangan, menuntut masyarakat untuk melakukan interaksi pergerakan dengan berbagai pihak di berbagai tempat. Meningkatnya pergerakan lalu lintas, membuat permasalahan transportasi semakin kompleks. Permasalahan transportasi meliputi kemacetan pada ruas-ruas jalan tertentu.

Beberapa ruas jalan di Kabupaten Gowa 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

meyebabkan terjadinya *overload* pada beberapa ruas jalan di Kabupaten Gowa khususnya Kecamatan Somba Opu.

Terdapat banyak arus lalu lintas yang terjadi di Kecamatan Somba Opu seperti arus lalu lintas dalam Kecamatan Somba Opu (internal-internal), dari Kecamatan Somba Opu menuju zona eksternal (internal-eksternal), dan sebaliknya (eksternal-internal), serta arus yang hanya melewati Kecamatan Somba (eksternal-eksternal). Oleh karena itu, harus adanya pengetahuan mengenai arus internal-eksternal yang terjadi dalam Kecamatan Somba Opu. Disisi lain, belum adanya penelitian berkaitan yang menyertakan arus lalu lintas internal-eksternal pada pemodelan transportasi di Kabupaten Gowa khususnya Kecamatan Somba Opu.

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

Kalibrasi dan validasi sangat dibutuhkan untuk mengetahui nilai kebenaran dalam membuat pemodelan jaringan jalan. Hal ini membuat apa yang dimodelkan tidak persis sama dengan keadaan yang sebenarnya.

Sehingga perlu adanya perhitungan kalibrasi dan validasi pemodelan transportasi dalam penelitian ini.

Perangkat lunak kini banyak digunakan untuk memodelkan sistem 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 dikemukakan, maka dilakukan penelitian dengan judul “ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA JARINGAN JALAN DI KABUPATEN GOWA MENGGUNAKAN APLIKASI 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 Kabupaten Gowa khususnya Kecamatan Somba Opu dengan jaringan transportasi yang sudah ada ditambah dengan beberapa ruas jalan penghubung yang dianggap sebagai titik arus masuk dan arus keluar dari dalam Kecamatan Somba Opu.
2. Pembagian zona berdasarkan batas-batas wilayah administrasi berupa kelurahan yang dibagi dalam beberapa zona di Kecamatan Somba Opu 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. Data arus lalu lintas (Data volume kendaraan) yang digunakan adalah hasil survei yang dilakukan oleh peneliti pada tahun 2021 dan hanya menghitung untuk moda kendaraan ringan (LV) dan sepeda motor (MC).
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 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini, Pokok-Pokok bahasan dalam BAB ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori penting yang memiliki keterkaitan dengan topik permasalahan dan dijadikan sebagai landasan atau acuan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data

serta analisis yang digunakan dalam mengolah data yang didapatkan dari lapangan maupun dari laboratorium.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan proses dan hasil analisis dari data data yang diperoleh sehubungan dengan topik studi.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi

Sistem transportasi terdiri dari dua komponen pokok yaitu obyek 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 masing-masing 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

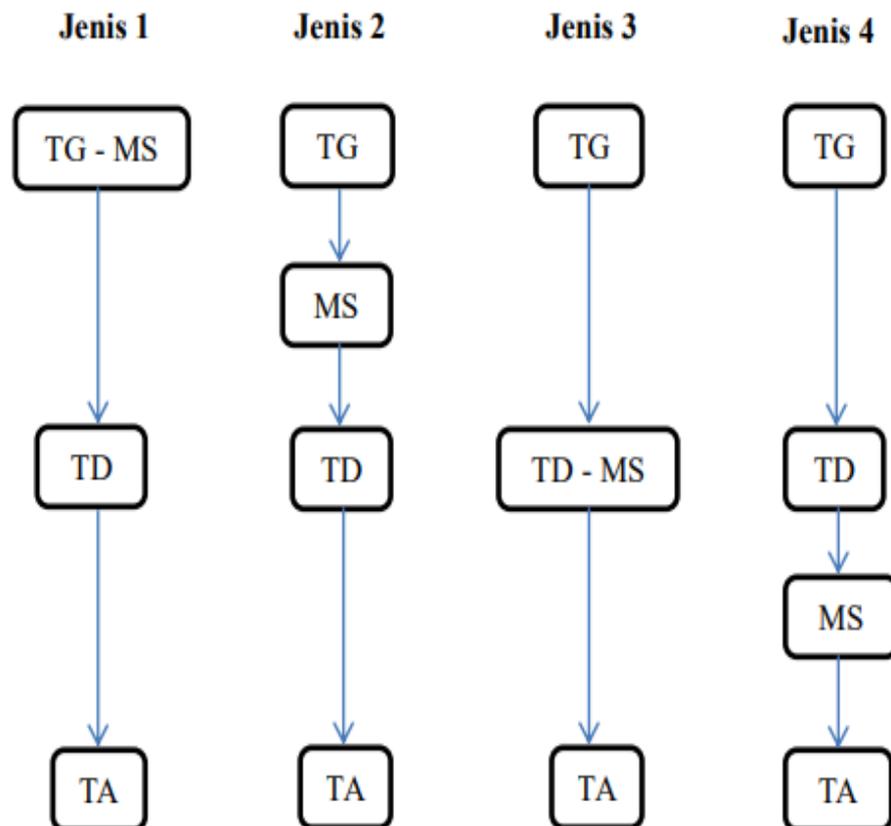
Aksesibilitas (konsep 1) adalah suatu ukuran kenyamanan atau lokasi guna lahan berinteraksi satu dengan yang lain mudah atau sulitnya lokasi tersebut dicapai melalui sistem jaringan transportasi (Black, 1981). Aksesibilitas kadang-kadang bukan merupakan bagian integral dari keseluruhan sistem, akan tetapi 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

Sumber : Black (1981)

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 : al-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 :

$$Tid = tid \times E \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

$Tid = \Sigma$ pergerakan dari zona i ke zona d pada masa yang akan datang

$Tid = \Sigma$ 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 sintesi 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_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

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 (D_d), sebaliknya total sel matriks untuk setiap baris (i) harus sama dengan jumlah pergerakan yang berasal dari zona i tersebut (O_i). 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 .

$$D_d = \sum_i T_{id} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

D_d = 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 .

$$O_i = \sum_d T_{id} \dots\dots\dots(3)$$

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.

$$T = \sum_i O_i = \sum_d D_d = \sum_i \sum_d T_{id} \dots\dots\dots(4)$$

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

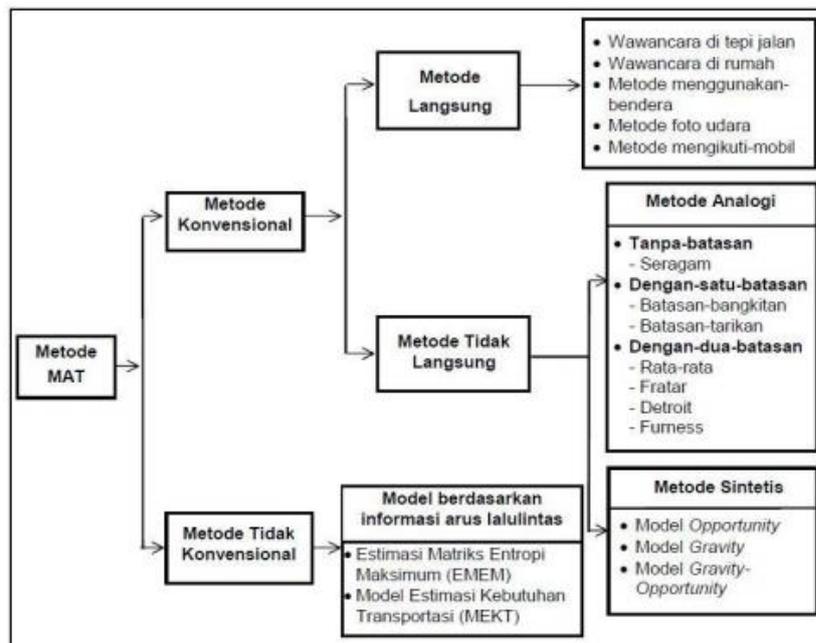
Pola pergerakan dapat dihasilkan jika suatu MAT dibebankan ke suatu sistem jaringan transportasi. Dengan mempelajari pola pergerakan yang terjadi, seseorang dapat mengidentifikasi permasalahan yang timbul sehingga beberapa solusi segera dapat dihasilkan. MAT dapat memberikan indikasi rinci mengenai kebutuhan 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 :

$$F_{id} = G \frac{m_i \times m_d}{(d_{id})^2} \text{ dengan } G \text{ adalah konstanta gravitasi (5)}$$

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 :

$$T_{ij} = K \frac{P_i \times P_j}{(d_{ij})^n} \dots\dots\dots(6)$$

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 :

$$a. T_{ij} = A_0 \frac{(P_i \times P_j)^{A_1}}{(d_{ij})^{A_2}} \dots\dots\dots(7)$$

$$b. T_{ij} = A_0 \frac{P_i^{A_1} \times P_j^{A_2}}{(d_{ij})^{A_3}} \dots\dots\dots(8)$$

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 :

$$T_{id} = K \frac{O_i \times O_d}{(d_{id})^n} \dots\dots\dots(9)$$

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 :

$$T_{id} \approx O_i \cdot D_d \cdot f(C_{id}) \dots\dots\dots(10)$$

Dengan batasan :

$$O_i = \sum_d T_{id} \text{ dan } D_d = \sum_i T_{id} \dots\dots\dots(11)$$

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 10 dengan batasan Persamaan (12) menghasilkan Persamaan 11 sebagai berikut :

$$T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot f(C_{id}) \dots\dots\dots(13)$$

Kedua persamaan 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 :

$$A_i = \frac{1}{\sum_d B_d \cdot D_d \cdot f_{id}} \text{ dan } B_d = \frac{1}{\sum_i A_i \cdot O_i \cdot f_{id}} \dots\dots\dots(14)$$

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 10 sudah memenuhi batasan Persamaan 12. Nilai B_d dapat dihitung untuk setiap d dengan menggunakan Persamaan 12, 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 :

$$B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i O_i f_{id})} \text{ untuk semua } d \dots\dots\dots(15)$$

dan

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d D_d f_{id})} \text{ untuk seleruh } i \dots\dots\dots(16)$$

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 ,

$$f(cid) = C_{id}^{-\beta C_{id}} \text{ (Fungsi eksponensial-negatif) } \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

$f(cid)$ = 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.

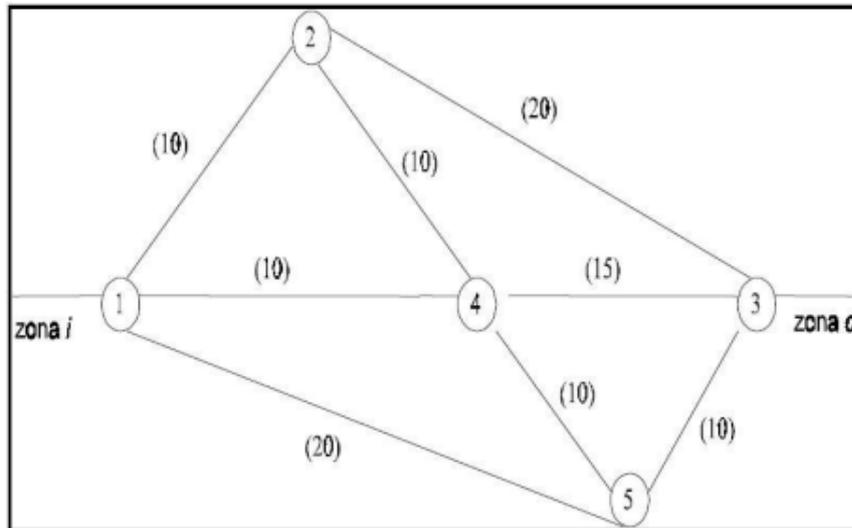
C. 1. Pembebanan All-or-nothing

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 kedalam 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 :

$$c_{pij} \begin{cases} = c_{ij}^* & \text{untuk seluruh } T_{pij}^* > 0 \\ \geq c_{ij}^* & \text{untuk seluruh } T_{pij}^* = 0 \end{cases} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

C_{ij} = Biaya Minimum dari i ke j.

T_{pij} = 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 :

$$V_a = \sum_{pij} \delta_{pij}^a T_{pij} \dots\dots\dots(19)$$

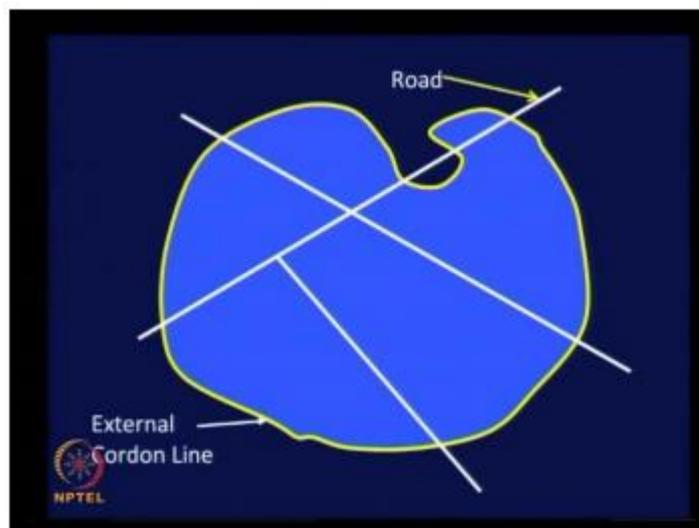
Dimana :

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

D. Daerah Studi (Garis batas wilayah)

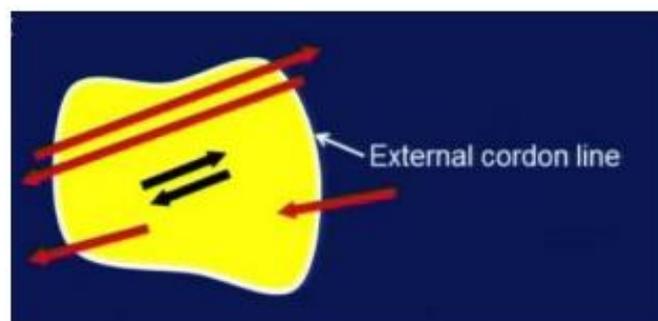
Daerah studi ditetapkan sebagai suatu ruang/spasial (obyek) yang dilakukan perencanaan dan pemodelan untuk memprediksi kebutuhan transportasi yang ada di dalam/dari/menju ke daerah tersebut. Daerah studi dapat berupa daerah perkotaan atau pengembangan kota di masa yang akan datang. Untuk perencanaan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

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 :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FCSF \dots\dots\dots(20)$$

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)

FCSF = 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 21 untuk pelajar sehingga lisensi yang digunakan dalam penggunaan aplikasi ini merupakan lisensi untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan.