



Naskah Ilmiah

PERENCANAAN TRANSPORTASI UNTUK KOTA KECIL



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

JL. A.H. Nasution No.264 P.O.BOX 2 Bandung 40294 Indonesia, Telp(022) 7802251 Fax(022) 7802726 email: pusjatan@pusjatan.pu.go.id

NASKAH ILMIAH

PERENCANAAN TRANSPORTASI UNTUK KOTA KECIL

Penulis : **Drs. HARLAN PANGIHUTAN, MT**

Cetakan Ke-2 Desember 2013

© Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-264-018-9

Kode Kegiatan :

Kode Publikasi : IRE - TR – 72 / 2012

Koordinator Penelitian

Ir. Pantja Dharma Oetojo, M.Eng.Sc.

PUSLITBANG JALAN DAN JEMBATAN

Ketua Program Penelitian

Drs. Harlan Pangihutan, MT

Editor

Dr. Ir. Tri Basuki Juwono, M.Sc

Layout & Design:

Yosi Samsul Maarif, S.Sn

Percetakan:

Djatnika Bandung (Anggota IKAPI)

Diterbitkan oleh:

Kementerian Pekerjaan Umum

Badan Penelitian dan Pengembangan

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

Jl. A.H. Nasution No. 264 Ujungberung – Bandung 40294

Pemesanan melalui:

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan

info@pusjatan.pu.go.id

ISBN 978-602-264-018-9



**KEANGGOTAAN SUB TIM
TEKNIS BALAI TEKNIK LALU LINTAS &
LINGKUNGAN JALAN**

Ketua:

Ir. Agus Bari Sailendra, MT.

Sekretaris:

Ir. Nanny Kusminingrum

Anggota:

Ir. Gandhi Harahap, M.Eng.

DR. Ir. IF Poernomosidhi, M.Sc.

DR. Ir. Hikmat Iskandar, M.Sc.

Ir. Sri Hendarto, M.Sc.

DR. Ir. Tri Basuki Juwono, M.Sc.



© PUSJATAN 2012

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2012, pada paket pekerjaan Penyusunan Naskah Ilmiah Litbang Teknologi Jalan Ramah Lingkungan DIPA Puslitbang Jalan dan Jembatan. Pandangan-pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini merupakan pandangan penulis dan tidak selalu menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum maupun institusi pemerintah lainnya. Penggunaan data dan informasi yang dimuat di dalam publikasi ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum. Tulisan ini dapat digunakan secara bebas sebagai bahan referensi, pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seijin pemegang HAKI dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebut sumbernya.

Buku pada terbitan edisi pertama didesain dalam cetakan hitam putih, akan tetapi versi e-book dari buku ini telah didesain untuk dicetak berwarna. Buku versi e-book dapat diunduh dari website pusjatan.pu.go.id serta untuk keperluan pencetakan bagi perorangan dan pemanfaatan non-komersial dapat dilakukan melalui pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum.



PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah lembaga riset yang berada dibawah Badan Litbang Kementrerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Lembaga ini memiliki peranan yang sangat strategis di dalam mendukung tugas dan fungsi Kementerian Pekerjaan Umum dalam menyelenggarakan jalan di Indonesia. Sebagai lembaga riset, Pusjatan memiliki visi sebagai lembaga penelitian dan pengembangan yang terkemuka dan terpercaya, dalam menyediakan jasa keahlian dan teknologi bidang jalan dan jembatan yang berkelanjutan, dan dengan misi sebagai berikut:

- 1) Meneliti dan mengembangkan teknologi bidang jalan dan jembatan yang inovatif, aplikatif, dan berdaya saing,
- 2) Memberikan pelayanan teknologi dalam rangka mewujudkan jalan dan jembatan yang handal, dan
- 3) Menyebar luaskan dan mendorong penerapan hasil penelitian dan pengembangan bidang jalan dan jembatan.

Pusjatan memfokuskan dukungan kepada penyelenggara jalan di Indonesia, melalui penyelenggaraan litbang terapan untuk menghasilkan inovasi teknologi bidang jalan dan jembatan yang bermuara pada standar, pedoman, dan manual. Selain itu, Pusjatan mengemban misi untuk melakukan advis teknik, pendampingan teknologi, dan alih teknologi yang memungkinkan infrastruktur Indonesia menggunakan teknologi yang tepat guna. Kemudian Pusjatan memiliki fungsi untuk memastikan keberlanjutan keahlian, pengembangan inovasi, dan nilai-nilai baru dalam pengembangan infrastruktur.



PRAKATA

Perencanaan transportasi merupakan hal yang penting untuk mengantisipasi kebutuhan perjalanan yang terus berkembang, khususnya dalam hal penyiapan prasarana. Saat ini belum tersedia perangkat standar yang dapat digunakan dalam melakukan perencanaan transportasi seperti estimasi bangkitan, distribusi perjalanan, pemilihan moda dan pemilihan rute.

Masing-masing perencana transportasi masih menggunakan metode dan model yang berbeda-beda. Akibatnya perencanaan transportasi menggunakan data primer dengan melakukan survei perjalanan membutuhkan pembiayaan tinggi. Untuk itu, dikembangkan model yang dalam aplikasinya menggunakan data sekunder sebagai input sehingga perencanaan transportasi dapat dilakukan dengan biaya murah namun cukup akurat.

Dalam naskah ini berisikan tentang pembuatan model-model perhitungan untuk perencanaan transportasi perkotaan khususnya kota Kecil dengan metode 4 tahap. Masing-masing model di jelaskan cara mendapatkan, data analisis dan penentuan model. Naskah ini digunakan untuk pembuatan pedoman perencanaan transportasi perkotaan untuk kota kecil.

Daftar Isi

PRAKATA	5
DAFTAR ISI	6
DAFTAR TABEL	7
DAFTAR GAMBAR	7
1. Tinjauan Umum Transportasi Perkotaan	9
2. Tujuan Perencanaan Transportasi Perkotaan	11
3. Pemodelan Transportasi Empat Tahap	12
4. Model Bangkitan dan Tarikan Pergerakan	14
A. Klasifikasi Perjalanan	15
B. Faktor Yang Mempengaruhi Bangkitan dan Tarikan Perjalanan	19
5. Model Sebaran Pergerakan	20
A. Pertimbangan Memodelkan Sebaran Perjalanan	20
B. Sebaran Pergerakan Dengan Menggunakan Model Gravity	21
6. Model Pemilihan Moda	22
A. Kegunaan Model Pemilihan Moda	22
B. Faktor yang Mempengaruhi Perilaku Pemilihan Moda	23
7. Model Pemilihan Rute	24
A. Tujuan dan Kegunaan Model Pembebanan	24
B. Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Pemilihan Rute	25
8. Definisi Kota	26
9. Definisi Kota Kecil	28
10. Teknik Pengambilan Sampel	29
11. Metode Analisis	35
A. Pemodelan Bangkitan Perjalanan	36
B. Pemodelan Distribusi Perjalanan	40
C. Pemodelan Pemilihan Moda	42
D. Pemodelan Pemilihan Rute	44
12. Ukuran kinerja Proses Analisis	46
A. Model Bangkitan\Tarikan Perjalanan	46
B. Model distribusi perjalanan	51
C. Model Pemilihan Moda	53
D. Model Pemilihan Rute	55
E. Analisis Model Peramalan Transportasi Jalan	56
13. Kesimpulan Hasil Analisis	64

Daftar Tabel

Tabel 1	Faktor yang Mempengaruhi Bangkitan Perjalanan	19
Tabel 2	Kota Kecil di Indonesia	30
Table 3	Nilai Variabel Pemilihan Lokasi Studi	30
Tabel 4	Ukuran Sampel Berdasarkan Jumlah Populasi	31
Tabel 5	Ukuran Sampel Kota Tujuan Survei	32
Tabel 6	Jumlah Sampel Kota Padang Panjang per Kelurahan	32
Tabel 7	Jumlah Sampel Kota Solok per Kelurahan	33
Tabel 8	Jumlah Sampel Kota Sawah Lunto per Kelurahan	33
Tabel 9	Tabel Uji Autokorelasi	39
Tabel 10	Pengujian Heterokedastisitas Untuk Model Bangkitan	47
Tabel 11	Pengujian Heterokedastisitas Untuk Model Tarikan	47
Tabel 12	Tabel Uji Autokorelasi	47
Tabel 13	Hasil Pengujian Autokorelasi Model Bangkitan Perjalanan	48
Tabel 14	Hasil Pengujian Autokorelasi Model Bangkitan Perjalanan	48
Tabel 15	Pengujian Z skor <i>skewness</i> dan <i>kurtosis</i> Model Bangkitan Perjalanan	49
Tabel 16	Pengujian Z skor <i>skewness</i> dan <i>kurtosis</i> Model Tarikan Perjalanan	49
Tabel 17	Pengujian Simultan Model Bangkitan Perjalanan	50
Tabel 18	Pengujian Simultan Model Tarikan Perjalanan	50
Tabel 19	Nilai Parameter Berbagai Fungsi Hambatan	52
Tabel 20	Tingkat Pertumbuhan Penduduk Wilayah Kajian	56

Daftar Gambar

Gambar 1	Bangkitan dan Tarikan Pergerakan	14
Gambar 2	Distribusi Temporer Perjalanan menurut Maksud Perjalanan di Kota Pittsburg, AS	20
Gambar 3	Model Sebaran Perjalanan	20
Gambar 4	Garis linear terbaik hubungan antara $\text{Log} \left[\frac{P_1}{1-P_1} \right]$ dengan $(C_1 - C_1)$ Untuk Moda Pribadi dengan Umum	53
Gambar 5	Garis linear terbaik hubungan antara Moda Mobil dengan Motor	54





1. TINJAUAN UMUM TRANSPORTASI PERKOTAAN

Transportasi adalah usaha untuk memindahkan, menggerakkan, atau mengangkut orang ataupun barang dari suatu tempat ke tempat lain, dimana di tempat lain objek tersebut lebih berguna atau dapat berguna untuk tujuan-tujuan tertentu. Transportasi merupakan gabungan dari beberapa unsur, ada lima unsur pokok dalam transportasi, diantaranya:

- ◆ **Manusia/orang**, yang menggunakan transportasi,
- ◆ **Barang**, yang dibutuhkan oleh manusia
- ◆ **Kendaraan**, merupakan sarana transportasi dan
- ◆ **Jalan**, merupakan prasarana transportasi.

Unsur tersebut saling dibutuhkan dalam proses transportasi yang baik.. Transportasi yang baik sangat dibutuhkan dalam wilayah perkotaan karena sangat penting sebagai urat nadi dalam kehidupan politik, ekonomi, sosial budaya, dan pertahanan keamanan. Transportasi dikatakan baik jika dari segi keselamatan, aksesibilitas yang tinggi, kapasitas mencukupi, teratur, lancar, tepat waktu, nyaman, ekonomis, aman, tertib, rendah polusi, dan beban masyarakat rendah.

Permasalahan transportasi di perkotaan yang penting untuk di tanggulangi salah satunya kemacetan lalu lintas yang disebabkan oleh meningkatnya permintaan

perjalanan, rendahnya disiplin berlalu lintas, banyaknya penggunaan kendaraan pribadi, dan ketidak konsistenan pengembangan tata guna lahan.

Kemacetan tersebut memberikan dampak pada kondisi lingkungan yaitu polusi kendaraan bermotor dimana masih banyakj penggunaan bahan bakar yang tidak ramah lingkungan dan kurangnya perawatan kendaraan bermotor. Akibatnya bukan hanya pengguna jalan yang mengeluarkan biaya operasi kendaraan yang tinggi, akan tetapi lingkungan sekitar mendapat akibat dari polusi tersebut.

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan perencanaan transportasi yang baik, yang dimulai dari perencanaan tataguna lahan yang konsisten, merencanakan pusat-pusat bangkitan dan tarikan yang teratur, perencanaan prasarana dan sarana transportasi dengan memperhatikan pusat bangkitan dan tarikan, menyediakan angkutan umum yang nyaman, aman dan murah. Sehingga akan terwujud suatu sistem transportasi yang efisien, aman dan lancar.

Akan tetapi disisi lain dalam melakukan perencanaan transportasi ini membutuhkan biaya yang tinggi untuk survey lapangan. Biaya yang tinggi ini menjadi salah satu permasalahan dalam perencanaan transportasi. Salah satu solusi dalam perencanaan transportasi adalah dengan menggunakan data sekunder (data yang didapat dari instansi terkait).

Dengan naskah ini maka diusulkan model umum untuk kota Kecil yang dapat membantu perencanaan transportasi dalam hal memprediksi perjalanan yang masukan datanya dengan menggunakan data sekunder untuk meminimalisasi biaya pengambilan data langsung dilapangan.



2. TUJUAN PERENCANAAN TRANSPORTASI PERKOTAAN

Perencanaan transportasi adalah suatu perencanaan kebutuhan prasarana transportasi seperti jalan, terminal, pelabuhan, pengaturan serta sarana untuk mendukung sistem transportasi yang efisien, aman dan lancar serta berwawasan lingkungan. Maka tujuan utama dari perencanaan transportasi adalah agar transportasi efektif dan efisien. Sedangkan untuk tujuan secara spesifik adalah :

- ◆ *Mencegah masalah yang diduga akan terjadi pada masa yang akan datang*
- ◆ *Mencari solusi untuk berbagai masalah transportasi*
- ◆ *Melayani kebutuhan transportasi seoptimum mungkin*
- ◆ *Mempersiapkan tindakan/ kebijakan untuk permasalahan pada masa akan datang*
- ◆ *Mengoptimalkan penggunaan daya dukung (daya guna dan hasil guna yang tinggi)*



3. PEMODELAN TRANSPORTASI EMPAT TAHAP

Model perencanaan transportasi empat tahap merupakan pilihan konsep pemodelan yang paling sering digunakan dalam berbagai studi transportasi di Indonesia, karena selain kemudahannya juga kemampuannya dalam menggambarkan berbagai interaksi antara sistem transportasi dan tata ruang di wilayah studi.

Secara umum model ini merupakan gabungan dari beberapa seri submodel yang masing-masing harus dilakukan secara berurutan, yakni: **bangkitan perjalanan, sebaran perjalanan, pemilihan moda, dan pemilihan rute.**

Pendekatan model dimulai dengan menetapkan sistem zona dan jaringan jalan, termasuk di dalamnya adalah karakteristik populasi yang ada di setiap zona. Dengan menggunakan informasi dari data tersebut kemudian diestimasi total perjalanan yang dibangkitkan dan/ atau yang ditarik oleh suatu zona tertentu (*trip ends*). atau disebut dengan proses bangkitan perjalanan (*trip generation*). Tahap ini akan menghasilkan persamaan *trip generation* yang

menghubungkan jumlah perjalanan dengan karakteristik populasi serta pola dan intensitas tata guna lahan di zona yang bersangkutan.

Selanjutnya diprediksi dari/ kemana tujuan perjalanan yang dibangkitkan atau yang ditarik oleh suatu zona tertentu atau disebut tahap distribusi perjalanan (*trip distribution*). Dalam tahap ini akan dihasilkan matriks asal-tujuan (MAT). Pada tahap pemilihan moda (*modal split*) MAT tersebut kemudian dialokasikan sesuai dengan moda transportasi yang digunakan para pelaku perjalanan untuk mencapai tujuan perjalanannya. Dalam tahap ini dihasilkan MAT per moda.



Terakhir, pada tahap pembebanan (*trip assignment*) MAT didistribusikan ke ruas-ruas jalan yang tersedia di dalam jaringan jalan sesuai dengan kinerja rute yang ada. Tahap ini menghasilkan estimasi arus lalu lintas di setiap ruas jalan yang akan menjadi dasar dalam melakukan analisis kinerja.

Dengan melihat proses di atas maka secara garis besar proses analisis transportasi jalan terdiri atas beberapa kegiatan utama, yaitu: penetapan wilayah studi, analisis sistem jaringan, analisis kebutuhan pergerakan, dan analisis sistem pergerakan. Dalam beberapa butir berikut ini disampaikan bahasan mengenai setiap tahap pemodelan transportasi yang dilakukan.



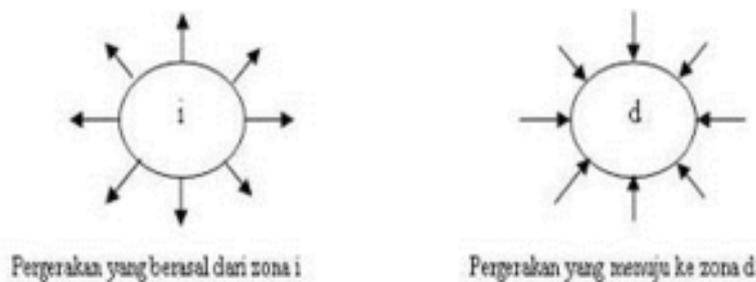
4. MODEL BANGKITAN DAN TARIKAN PERGERAKAN

Pada Sub Bab ini akan dibahas mengenai tujuan, pengertian, serta faktor-faktor yang mempengaruhi bangkitan dan tarikan pergerakan. Selain itu akan ditampilkan beberapa contoh model bangkitan dan tarikan pergerakan yang telah dibentuk.

Tujuan dasar tahap bangkitan dan tarikan pergerakan adalah menghasilkan model hubungan antara tata guna lahan dengan jumlah pergerakan yang menuju ke suatu zona atau jumlah pergerakan yang meninggalkan zona yang menghasilkan pergerakan lalu lintas, yang mencakup :

- 1) Lalu lintas yang meninggalkan suatu lokasi atau zona i
- 2) Lalu lintas yang menuju atau tiba ke suatu lokasi atau zona j

Ilustrasi tentang bangkitan dan tarikan pergerakan terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Bangkitan dan Tarikan Pergerakan

Pemodelan bangkitan dan tarikan pergerakan ini diawali dengan membagi wilayah studi menjadi beberapa zona. Zona yang berada di dalam wilayah studi disebut zona internal yang berpengaruh besar terhadap sistem pergerakan arus lalu lintas di dalam wilayah studi, sedangkan zona yang berada di luar wilayah studi disebut zona eksternal yang sedikit pengaruhnya terhadap sistem pergerakan arus lalu lintas di dalam wilayah studi.

Posisi model bangkitan perjalanan yang krusial ini mengharuskan kita berhati-hati dalam membangun modelnya. Spesifikasi dan akurasi model harus selalu dijaga reliabilitasnya, sebab setiap kesalahan yang terjadi pada tahap model ini akan terbawa ke tahap pemodelan berikutnya.

Hasil model bangkitan perjalanan yang berupa jumlah permintaan per satuan waktu ini merupakan estimasi terpenting (dan sekaligus sebagai awal proses) dari model perencanaan transportasi empat tahap, di mana jumlah tersebut akan disebarkan sesuai dengan tujuan, moda, dan rute perjalanan yang digunakan. Dengan kata lain, model bangkitan perjalanan akan menentukan berapa jumlah perjalanan di dalam sistem yang harus diakomodasi oleh jaringan transportasi yang dimodelkan. Jika estimasi bangkitan perjalanan tidak akurat, maka informasi arus lalu lintas yang dihasilkan akan salah, dan selanjutnya penggunaan informasi tersebut pada proses evaluasi akan menghasilkan rekomendasi yang tidak tepat.

A. Klasifikasi Perjalanan

Pada kenyataannya perjalanan yang berasal atau bertujuan ke rumah cukup dominan jumlahnya, terutama untuk perjalanan dalam kota. Sehingga dalam model bangkitan tarikan di perkotaan, perjalanan sering dibedakan menjadi 2 (dua) berdasarkan asal tujuannya. Perjalanan yang berasal dan/atau bertujuan ke rumah disebut dengan *home based trip* dan yang tidak berasal dan/atau bertujuan ke rumah disebut dengan *non home based trip*.

Untuk meningkatkan akurasi hasil pemodelan, perjalanan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelas yang lebih detail daripada kedua penggolongan di atas, misalnya: menurut struktur rumah tangga, menurut keperluan perjalanan, menurut waktu saat melakukan perjalanan, dan lain sebagainya.

Sedetail apapun klasifikasi yang ingin dibuat untuk area studi, pada dasarnya klasifikasi tersebut akan sangat tergantung dari beberapa variabel yang berkaitan dengan keperluan studi yang bersangkutan. Variabel tersebut antara lain: ukuran wilayah studi dan intensitas permintaan perjalanannya, tujuan dilakukannya studi, tipe perjalanan yang dominan di daerah studi, dan variabel penentu lainnya.

Batasan lain yang mempengaruhi detail klasifikasi perjalanan dalam model adalah ketersediaan sumber daya (dana, tenaga, waktu, data eksisting, perangkat lunak, dan lain-lain) yang tersedia. Semakin detail klasifikasi perjalanan yang akan dimodelkan, akan semakin banyak sumber daya yang dibutuhkan untuk mewujudkannya. Sebagai contoh untuk perjalanan antar kota tidak selayaknya jika model bangkitan perjalanan yang dibentuk, dilakukan dengan klasifikasi perjalanan yang detail, karena akan menyulitkan dalam pengumpulan data primer dan mengkalibrasi fungsi bangkitan perjalanan dalam area studi yang sangat luas dengan klasifikasi perjalanan yang bermacam-macam.

Klasifikasi perjalanan yang detail umumnya hanya dapat dilakukan untuk studi dalam kota dalam area yang terbatas. Klasifikasi tersebut hanya dilakukan jika tujuan pelaksanaan studi memerlukan adanya informasi yang detail mengenai perilaku perjalanan individu per individu, misalnya untuk mengetahui tingkat bangkitan perjalanan per moda transportasi, per keperluan perjalanan, dan per stratifikasi sosio-ekonomi pelaku perjalanan dan lain sebagainya.

Sebagian besar studi transportasi jalan tidak memerlukan klasifikasi perjalanan yang detail, dan informasi utama yang dibutuhkan hanyalah jumlah total perjalanan dan distribusinya ke tujuan perjalanan, serta jenis kendaraan yang digunakan.

Secara umum, klasifikasi perjalanan biasanya dilakukan berdasarkan pada 3 (tiga) kategori, yakni: keperluan perjalanan (*trip purpose*), distribusi temporer perjalanan, dan tipe pelaku perjalanan.

1. Keperluan Perjalanan (Trip Purpose)

Permintaan perjalanan disusun oleh sejumlah tipe perjalanan yang memiliki karakteristik spasial dan temporer yang berbeda-beda. Dengan demikian aktivitas pertama yang harus dilakukan dalam meramalkan permintaan perjalanan adalah mengidentifikasi tipe-tipe perjalanan yang pengaruhnya cukup besar terhadap studi yang dilakukan. Pada dasarnya model bangkitan perjalanan akan lebih baik hasilnya jika perjalanan untuk setiap keperluan yang berbeda diidentifikasi dan dimodelkan secara terpisah. Klasifikasi perjalanan berdasarkan keperluannya dapat dibagi ke dalam beberapa golongan sebagai berikut:

- ♦ Perjalanan untuk bekerja (*working trips*) yaitu perjalanan yang dilakukan seseorang menuju tempat kerja, misalnya ke kantor, pabrik, dan lain sebagainya.
- ♦ Perjalanan untuk kegiatan pendidikan (*educational trips*) yaitu perjalanan yang dilakukan oleh pelajar dari semua strata pendidikan menuju sekolah, universitas, atau lembaga pendidikan lainnya tempat mereka belajar.

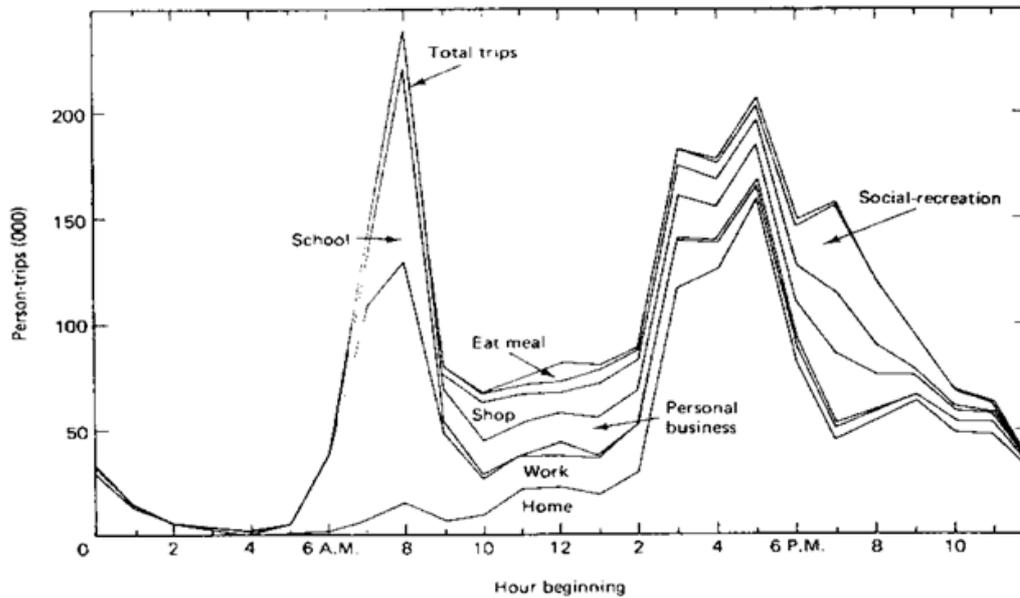
- ◆ Perjalanan untuk berbelanja (*shopping trips*) misalnya perjalanan ke pasar, swalayan, pusat pertokoan, dan lain sebagainya.
- ◆ Perjalanan untuk kegiatan sosial (*social trips*), misalnya perjalanan ke rumah saudara, ke dokter, dan lain sebagainya.
- ◆ Perjalanan untuk berrekreasi (*recreation trips*), yaitu perjalanan menuju ke pusat hiburan, stadion olah raga, dan lain sebagainya atau perjalanan (itu sendiri) yang merupakan kegiatan rekreasi.
- ◆ Perjalanan untuk keperluan bisnis (*business trips*) yaitu perjalanan dari tempat bekerja ke lokasi lain sebagai bagian dari pelaksanaan pekerjaan.
- ◆ Perjalanan ke rumah (*home trips*) yaitu semua perjalanan kembali ke rumah. Hal ini perlu dipisahkan menjadi satu tipe keperluan perjalanan karena umumnya perjalanan yang didefinisikan pada poin-poin sebelumnya dianggap sebagai pergerakan satu arah (*one-way movement*) tidak termasuk perjalanan kembali ke rumah.

Perjalanan untuk bekerja dan pendidikan merupakan perjalanan rutin yang harus dilakukan setiap hari (*compulsory or mandatory trip*) oleh setiap pekerja atau pelajar, sedangkan golongan lainnya merupakan perjalanan yang tidak rutin (*discretionary or optional trip*).

2. Distribusi Temporer Perjalanan

Perjalanan yang diklasifikasikan menurut keperluannya di atas, proporsinya akan berubah sepanjang waktu. Hal tersebut disebabkan karena jumlah dan waktu terjadinya perjalanan untuk suatu keperluan akan berfluktuasi sesuai urgensinya bagi pelaku perjalanan. Sebagai contoh terjadinya perbedaan *magnitude* dan fluktuasi bangkitan perjalanan menurut keperluannya diperlihatkan pada gambar di bawah yang merupakan hasil studi transportasi di Pittsburg (AS).

Untuk perjalanan antar kota juga terjadi fluktuasi temporer perjalanan, meskipun tidak seatraktif seperti pada perjalanan dalam kota. Biasanya fluktuasi perjalanan orang yang cukup signifikan akan terjadi pada bulan-bulan tertentu misalnya liburan sekolah, tahun baru, dan lain-lain. Sedangkan untuk angkutan barang peningkatan permintaan perjalanan akan terjadi ketika musim panen dan menjelang hari besar atau tahun baru di mana permintaan bahan pokok bertambah. Sebagai gambaran ekstrim yang menjadi fenomena khas tahunan di Indonesia, lalu lintas antar kota akan mengalami peningkatan yang luar biasa menjelang dan sesudah Hari Raya Idul Fitri, dimana sebagian besar penduduk kota melakukan perjalanan mudik untuk bersilaturahmi.



Gambar 2
 Distribusi Temporer Perjalanan menurut Maksud Perjalanan di Kota Pittsburg, AS
 (Sumber : Pittsburg Area Transportation Study, 1961 pada Ortuzar,1990)

Pemahaman mengenai distribusi temporer perjalanan ini, baik untuk model bangkitan perjalanan dalam maupun luar kota, sangat penting untuk mengidentifikasi waktu, jumlah, dan pola perjalanan di waktu-waktu puncak (*peak period*) yang umumnya digunakan sebagai basis dalam perencanaan jaringan transportasi jalan.

3. Tipe Pelaku Perjalanan

Perilaku dan frekuensi kebutuhan perjalanan setiap individu sangat tergantung dari atribut sosio-ekonomi yang disandangnya. Atribut sosio-ekonomi yang berpengaruh besar terhadap bangkitan perjalanan adalah pendapatan, tingkat kepemilikan kendaraan, ukuran dan struktur rumah tangga. Klasifikasi lebih lanjut terhadap ketiga faktor tersebut bisa melibatkan begitu banyak strata. Misalnya tingkat pendapatan dapat dibagi menjadi 4 atau 5 golongan, tingkat kepemilikan kendaraan dapat dibagi menjadi 3 golongan (untuk keluarga dengan 0, 1, dan 2 atau lebih kendaraan), sedangkan ukuran dan struktur keluarga dapat dibagi menjadi 5 atau 6 golongan.

Kompleksnya klasifikasi pelaku perjalanan tersebut akan menyulitkan penyediaan data, kalibrasi model, dan penggunaannya. Dengan demikian perlu dipertimbangkan apakah studi yang dilakukan memerlukan data klasifikasi pelaku perjalanan yang detail, atau hanya agregat saja di setiap zona. Untuk menghindari in-efisiensi diperlukan *adjustment* dari seorang perencana yang berpengalaman untuk mengagregasikan faktor-faktor di atas, sampai tingkat agregasi yang optimum sesuai dengan tujuan pelaksanaan studi.

B. Faktor yang Mempengaruhi Bangkitan dan Tarikan Perjalanan

Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi terbangkit/tertariknya perjalanan dari/ ke zona tertentu. Untuk memperhitungkan semua faktor tersebut dibutuhkan begitu banyak data dan sumber daya komputer yang mungkin tidak dapat disediakan. Untuk menyederhanakan spesifikasinya, *Bruton, M. J. (1970)* mengelompokkan faktor-faktor yang mempengaruhi bangkitan serta tarikan perjalanan tersebut ke dalam 3 (tiga) golongan berikut.

- ◆ Pola dan intensitas tata guna lahan dan perkembangannya di daerah studi
- ◆ Karakteristik sosio-ekonomi populasi pelaku perjalanan di daerah studi
- ◆ Kondisi dan kapabilitas sistem transportasi yang tersedia di daerah studi dan skema pengembangannya

Pada tingkatan yang lebih detail, *Sheppard (1997)* menspesifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi bangkitan perjalanan untuk keperluan tertentu yang dirangkum pada tabel di bawah. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa faktor-faktor yang pengaruhnya cukup signifikan terhadap bangkitan perjalanan adalah: pendapatan, kepemilikan kendaraan, struktur rumah tangga, ukuran keluarga, dan aksesibilitas. Kecuali pengaruh aksesibilitas, pengaruh faktor-faktor lainnya sudah biasa dimasukkan dalam model bangkitan perjalanan.

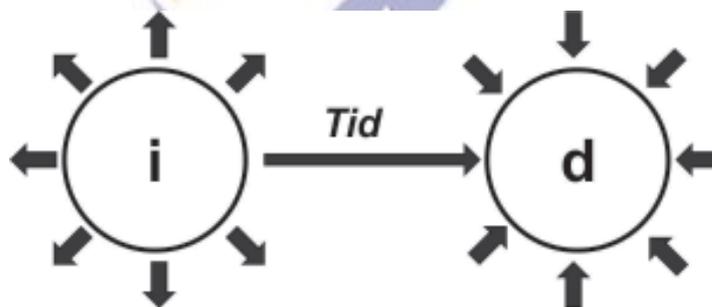
Tabel 1
Faktor yang Mempengaruhi Bangkitan Perjalanan
Sumber : Sheppard pada Hanson, 1995

Tipe Perjalanan	Jumlah Pelaku Perjalanan	Faktor Pendorong Terjadinya Perjalanan	Aksesibilitas
Home Based: Non-Work	<ul style="list-style-type: none"> • Kepadatan Perumahan 	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah anggota rumah tangga • Pendapatan • Kepemilikan kendaraan • Tersedianya angkutan umum • Okupansi • % Penduduk yg tidak bekerja 	<ul style="list-style-type: none"> • Akses ke pusat perbelanjaan • Akses ke pusat hiburan • Akses ke rumah teman/saudara
Non Home Based	<ul style="list-style-type: none"> • Percampuran tata guna lahan di zona asal • Okupansi pekerjaan di setiap zona 	<ul style="list-style-type: none"> • Pendapatan • Kepemilikan kendaraan 	Akses ke seluruh lokasi di kota yang bersangkutan.
Kendaraan barang untuk proses industri	<ul style="list-style-type: none"> • Percampuran tata guna lahan di zona asal • Okupansi pekerjaan di setiap zona 	Besarnya Industri	Akses ke pusat aktivitas komersial
Kendaraan barang yang berorientasi pada konsumen	<ul style="list-style-type: none"> • Percampuran tata guna lahan di zona asal • Okupansi lapangan kerja di setiap zona 	Besarnya Industri	Akses ke konsumen



5. MODEL SEBARAN PERGERAKAN

Model sebaran perjalanan ini digunakan untuk menghitung Matriks Asal Tujuan (MAT) atau memperkirakan asal dan tujuan perjalanan yang tertarik atau terbangkit dari suatu zona. Representasi model sebaran perjalanan disajikan pada gambar berikut.



Tid adalah perjalanan yang berasal dari zona i
Gambar 3 Model Sebaran Perjalanan

A. Pertimbangan Memodelkan Sebaran Perjalanan

Dalam memodelkan sebaran perjalanan terdapat beberapa kriteria yang perlu dipertimbangkan, antara lain:

- 1) Seberapa besar luas area studi yang dicakup, hal ini akan menentukan perioda waktu model sebaran perjalanan yang akan dibentuk (jam-an atau hari-an)

- 2) Seberapa besar jumlah zona yang dilibatkan dan bagaimana tingkat agregasinya
- 3) Dalam satuan apa MAT akan dibentuk: orang, barang, atau kendaraan
- 4) Data eksisting apa yang telah tersedia, hal ini akan menentukan apakah model yang akan diadopsi apakah model yang dimulai dari awal atautkah hanya mengembangkan model yang telah ada.

B. Sebaran Pergerakan Dengan Menggunakan Model Gravity

Model Gravity menganalogikan bahwa fenomena sebaran perjalanan dengan hukum Gravitasi Newton yang berasumsi distribusi perjalanan antara zona asal i dan zona tujuan d berbanding lurus dengan jumlah bangkitan O_i dan tarikan D_d dan berbanding terbalik kuadratis terhadap biaya perjalanan (C_{id}) atau diekspresikan dengan fungsi hambatan $f(C_{id})$ antara kedua zona tersebut, atau dalam fungsi matematika adalah sebagai berikut:

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

Terdapat 4 bentukan utama dari model Gravity, yakni: **Unconstrained**, **Production Constrained**, **Attraction Constrained**, dan **Fully Constrained**. Penentuan penggunaan dari keempat jenis model ini tergantung dari proses pembentukan bangkitan perjalanan pada tahap sebelumnya.



6. MODEL PEMILIHAN MODA

A. Kegunaan Model Pemilihan Moda

Model pemilihan moda secara umum digunakan untuk memprediksi moda yang digunakan oleh pelaku perjalanan untuk mencapai tujuan perjalanan pada beberapa tahun tinjauan. Penyediaan model ini menjadi cukup signifikan jika studi yang dilakukan memperhitungkan adanya pengaruh persaingan antar moda-moda transportasi yang beroperasi di wilayah studi.

Tahap pemodelan ini menghasilkan estimasi OD Matriks per moda transportasi yang tersedia di wilayah studi, khususnya jika dalam tahun-tahun tinjauan diterapkan beberapa kebijakan yang mengakibatkan perubahan perilaku perjalanan yang mengakibatkan pergeseran pangsa pasar penggunaan moda.

Secara teknis model pemilihan moda bertujuan untuk mengetahui proporsi orang yang akan menggunakan setiap moda dengan mengkalibrasi model pemilihan moda pada tahun dasar dengan mengumpulkan data faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan moda tersebut. Setelah dilakukan proses kalibrasi, model dapat digunakan untuk meramalkan pemilihan moda dengan menggunakan nilai ataupun besaran dari masing-masing faktor pengaruh pemilihan moda tersebut di masa mendatang.

B. Faktor yang Mempengaruhi Perilaku Pemilihan Moda

Baik yang dapat terkuantifikasi melalui besaran ekonomis maupun yang tidak. Secara umum faktor yang dapat mempengaruhi perilaku pemilihan moda (baik untuk penumpang/orang maupun barang) dapat dikelompokkan menjadi tiga, yakni yang berkaitan dengan pengguna, tipe perjalanan, kapabilitas dari moda transportasi yang tersedia.

Beberapa faktor yang berkaitan dengan ciri pengguna yang sangat mempengaruhi pemilihan moda, antara lain: kepemilikan kendaraan pribadi, struktur rumah tangga, pendapatan, dan pola kegiatan individu. Sedangkan untuk pergerakan barang karakteristik fisik dan ekonomi dari suatu komoditi akan mempengaruhi pemilihan moda. (*Tamin, 1999*)

Faktor kedua adalah ciri pergerakan, di mana perilaku pemilihan moda akan sangat dipengaruhi oleh: tujuan perjalanan, waktu terjadinya perjalanan, dan jarak perjalanan. Faktor penentu lain adalah ciri fasilitas moda transportasi yang dapat berupa faktor kuantitatif seperti: waktu perjalanan; waktu menunggu, waktu selama bergerak, biaya transportasi (tarif, biaya bahan bakar, dan lain-lain), serta faktor yang bersifat kualitatif yang cukup sukar untuk diukur, seperti: kenyamanan dan keamanan, keandalan dan keteraturan, dan lain-lain. (*Tamin, 1999*)





7. MODEL PEMILIHAN RUTE

A. Tujuan dan Kegunaan Model Pembebanan

Penerapan matrik perjalanan (MAT) ke dalam jaringan jalan untuk menyebarkan arus lalu lintas di setiap ruas jalan yang masuk ke dalam model jaringan yang dianalisis merupakan tujuan model pembebanan atau pemilihan rute (assignment). Pemilihan rute ini dilakukan dengan membandingkan kinerja rute-rute yang menghubungkan setiap zona, sehingga seluruh pergerakan antar zona akan terdistribusi ke tiap ruas jalan. Hasil akhir adalah informasi mengenai pembebanan arus lalu lintas hasil pemodelan di dalam jaringan jalan.

Model ini dapat digunakan untuk meramalkan arus lalu lintas pada beberapa tahun tinjauan analisis. Di mana jika MAT untuk beberapa tahun tinjauan telah dapat dibentuk maka dengan menerapkan model pembebanan akan dapat diperoleh informasi mengenai prediksi arus lalu lintas di masa datang.

Hasil pembebanan arus lalu lintas tersebut dapat dilakukan pengestimasi biaya perjalanan antar zona. Hasil estimasi biaya akan menjadi bahan masukan untuk mengevaluasi kinerja suatu usulan alternatif skema perencanaan yang menjadi tujuan dari sebagian besar studi transportasi berdasarkan manfaat ekonominya.

B. Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Pemilihan Rute

Perilaku pemilihan rute dari setiap individu pelaku perjalanan secara umum dipengaruhi oleh tiga kategori faktor, diantaranya:

- ◆ Karakteristik pelaku perjalanan. (siapa yang melakukan perjalanan?)
- ◆ Keperluan dan tujuan perjalanan. (untuk apa dan ke mana perjalanan tersebut dilakukan?)
- ◆ Waktu melakukan perjalanan. (kapan perjalanan tersebut dilakukan?)

Sebagai contoh, untuk keperluan perjalanan rutin umumnya akan diberi nilai waktu yang tinggi oleh para pelakunya (sedangkan porsi penilaian untuk jarak perjalanan dan biaya lainnya umumnya mengalami penurunan). Sebaliknya, untuk perjalanan tidak rutin porsi nilai waktu umumnya lebih rendah dibandingkan ketika orang tersebut melakukan perjalanan rutin. Outram dan Thompson (1977) membuktikan bahwa kombinasi perhitungan jarak dan waktu adalah gambaran terbaik (opsional untuk model) dari faktor yang memotivasi pengendara dalam memilih rute.





8. DEFINISI KOTA

Menurut Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 2 tahun 1987 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Kota sebagai berikut:

- 1) Kota adalah pusat pemukiman dan kegiatan penduduk yang mempunyai batasan wilayah administrasi yang diatur dalam peraturan perundangan serta pemukiman yang telah memperlihatkan watak dan ciri kehidupan perkotaan.
- 2) Perkotaan adalah satuan kumpulan pusat-pusat pemukiman yang berperan di dalam satuan wilayah pengembangan dan atau wilayah Nasional sebagai simpul jasa.

Menurut UU No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang, kawasan

perkotaan adalah wilayah yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi.

Secara Geografis, kota adalah suatu bentang budaya yang ditimbulkan oleh unsur-unsur alami dan non-alami dengan gejala pemusatan penduduk tinggi, corak kehidupan yang heterogen, sifat penduduknya individualistis dan materialistis.





9. DEFINISI KOTA KECIL

Kota merupakan kawasan pemukiman yang secara fisik ditunjukkan oleh kumpulan rumah-rumah yang mendominasi tata ruangnya dan memiliki berbagai fasilitas untuk mendukung kehidupan warganya secara mandiri. Menurut Menteri Dalam Negeri RI NO. 4/1980 Kota adalah suatu wilayah yang mempunyai batas administrasi wilayah sedangkan dilihat dari lingkungan kehidupan yang mempunyai ciri non-agraris. Ciri kota yang sangat menonjol adalah fisik wilayah yang telah terbangun, tersedianya fasilitas sosial dan public utilities, serta mobilitas penduduk yang tinggi. Sehingga kota Kecil merupakan kota yang memiliki populasi penduduk <100 ribu jiwa.



10. TEKNIK PENGAMBILAN SAMPEL

Dasar pemikiran penggunaan sampel pada suatu penelitian, agar diperoleh keakuratan yang tinggi, hemat biaya, waktu, dan tenaga, serta mengurangi ketidakakuratan yang ditimbulkan oleh suatu penelitian, maka sampel harus ditetapkan dengan tepat dan benar.

Di Indonesia terdapat 11 kota yang termasuk kedalam kategori kota kecil, setiap kota tersebut memiliki karakter yang berbeda, untuk itu dilakukan klasifikasi multivariabel sehingga pada beberapa kota yang memiliki kriteria yang sama cukup diwakili oleh satu kota sehingga survei yang dilakukan akan lebih efektif dan efisien. Adapun kota kecil yang ada di Indonesia dijabarkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kota Kecil di Indonesia
Sumber : Statistik Indonesia, 2010

No.	Nama Provinsi	Nama Kota
1	Provinsi Sulawesi Utara	Kota Tomohon
2	Provinsi Maluku Utara	Kota Tidore Kepulauan
3	Provinsi Sumatera Utara	Kota Sibolga
4	Provinsi Jambi	Kota Sungai Penuh
5	Sumatera Barat	Kota pariaman
6	Provinsi Aceh	Kota Subulussalam
7	Sumatera Barat	Kota Solok
8	Provinsi Maluku	Kota Tual
9	Sumatera Barat	Kota Sawah Lunto
10	Sumatera Barat	Kota Padang Panjang
11	Provinsi Aceh	Kota Sabang

Penetapan parameter klasifikasi kota kecil ini berdasarkan pada kelengkapan data di masing – masing kota. Adapun parameter pengklasifikasi kota berupa motivasi perjalanan dan fasilitas perjalanan, yang dimaksud dengan motivasi perjalanan adalah alasan seseorang untuk melakukan perpindahan tempat, pada studi ini variabel yang termasuk kedalam parameter motivasi perjalanan adalah jumlah penduduk dan nilai PDRB perkapita sebagai motivasi perjalanan.

Sedangkan yang dimaksud dengan fasilitas perjalanan adalah sarana dan prasarana untuk mendukung dilakukannya perjalanan, pada studi ini, variabel yang termasuk kedalam parameter fasilitas perjalanan adalah panjang jalan sebagai prasarana perjalanan dan jumlah kendaraan umum sebagai sarana perjalanan. Setelah dilakukan klasifikasi lokasi, pemilihan satu kota untuk setiap kategori dilakukan dengan analisis multi kriteria. Nilai rentang untuk masing – masing variabel dijabarkan pada Table 3.

Table 3 Nilai Variabel Pemilihan Lokasi Studi

No.	Variabel	Nilai Variabel		
		Rendah	Sedang	Tinggi
I	Motivasi Perjalanan			
-	Jumlah Penduduk	< 57.000	57000 – 80000	>80000
-	PDRB/Kapita	< Rp. 7.000.000,-	Rp. 7.000.000 – Rp. 19.000.000	<Rp. 19.000.000
II	Fasilitas Perjalanan			
-	Total Panjang Jalan	< 165	165 – 380	<380

Sumber : Hasil olahan data dalam angka tahun 2010, 2012

Setiap nilai variabel tersebut kemudian diberi nilai bobot untuk menetapkan 1 kota terpilih dengan menggunakan analisis multi kriteria, nilai bobot variabel tersebut adalah :

1. Rendah= 1
2. Sedang = 2
3. Tinggi = 3

Setelah dilakukan analisis multi kriteria, maka terpilihlah 3 lokasi studi, diantaranya adalah:

1. Kota Padang Panjang,
2. Kota Solok, dan
3. Kota Sawah Lunto.

Kemudian dilakukan penetapan ukuran contoh, dengan menggunakan nilai populasi setiap kota dan nilai error 5 % berdasarkan pada Tabel 4 (Christensen, experimental methodology).

*Tabel 4 Ukuran Sampel Berdasarkan Jumlah Populasi
Sumber : Christensen, 1998*

No.	Pop	Sig			No.	Pop	Sig			No.	Pop	Sig		
		0,05	0,03	0,01			0,05	0,03	0,01			0,05	0,03	0,01
1	50	45	48	49	30	290	170	233	283	59	1800	319	684	1522
2	55	50	53	55	31	300	170	234	293	60	1900	319	699	1599
3	60	53	57	59	32	320	179	250	310	61	2000	330	699	1657
4	65	59	63	65	33	340	184	265	330	62	2200	330	733	1799
5	70	59	67	69	34	360	190	272	350	63	2400	339	750	1932
6	75	64	72	75	35	380	199	284	367	64	2600	339	767	2050
7	80	68	76	79	36	400	199	299	387	65	2800	339	784	2183
8	85	71	82	85	37	420	210	302	402	66	3000	339	799	2299
9	90	75	84	89	38	440	210	316	422	67	3500	350	833	2581
10	95	79	89	95	39	460	210	327	442	68	4000	359	850	2850
11	100	79	93	99	40	480	219	333	457	69	4500	359	867	3089
12	110	90	100	108	41	500	219	350	477	70	5000	359	884	3299
13	120	93	110	118	42	550	230	367	522	71	6000	359	916	3699
14	130	99	116	128	43	600	239	385	567	72	7000	370	933	4050
15	140	106	125	138	44	650	250	414	610	73	8000	370	950	4399
16	150	110	133	148	45	700	250	433	653	74	9000	370	967	4650
17	160	117	140	157	46	750	259	450	699	75	10000	370	967	4899
18	170	119	150	167	47	800	259	467	744	76	15000	379	999	5899
19	180	126	155	177	48	850	270	484	787	77	20000	379	1016	6499
20	190	130	165	187	49	900	270	499	828	78	30000	379	1033	7299
21	200	135	168	197	50	950	279	516	867	79	40000	379	1050	7750
22	210	139	180	206	51	1000	279	516	906	80	50000	379	1050	8099
23	220	140	184	216	52	1100	290	550	995	81	75000	390	1067	8550
24	230	150	191	226	53	1200	299	567	1071	82	100000	399	1084	8799
25	240	150	199	236	54	1300	299	599	1150	83	200000	399	1084	9199
26	250	155	204	246	55	1400	310	616	1228	84	300000	399	1084	9350
27	260	159	214	253	56	1500	310	633	1299	85	400000	399	1084	9399
28	270	159	216	263	57	1600	310	650	1379	86	500000	399	1084	9499
29	280	170	225	273	58	1700	319	667	1450					

Maka didapatlah ukuran sampel untuk setiap kota terpilih sebagai berikut :

Tabel 5 Ukuran Sampel Kota Tujuan Survei

No.	Nama Kota	Jumlah Penduduk	Ukuran Contoh
1	Padang Panjang	47.008 3	79
2	Solok	59.317	383
3	Sawah Lunto	56.812	382

Sumber : Hasil Olahan Data, 2012

Penentuan sampel selanjutnya berdasarkan komposisi jumlah penduduk per kelurahan. Maka didapat jumlah sampel per kelurahan yang di sajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Jumlah Sampel Kota Padang Panjang per Kelurahan

No	Kecamatan/ Kelurahan	Jumlah Penduduk (Orang)	Ukuran Sampel (orang)
I	Padang Panjang Barat	27.673	238
1	Silaing Bawah	4.681	40
2	Silaing Atas	2.017	17
3	Pasar Usang	3.912	34
4	Kampung Manggis	5.287	45
5	Tanah Hitam	3.116	27
6	Pasar Baru	1.295	11
7	Bukit Surungan	2.126	18
8	Balai – Balai	5.239	45
II	Padang Panjang Timur	16.408	141
1	Koto Panjang	332	3
2	Kota Katik	842	7
3	Ngalau	2.743	24
4	Ekor Lubuk	1.985	17
5	Sigando	1.383	12
6	Ganting	2.065	18
7	Guguk Malintang	5.319	46
8	Tanah Pak Lambik	1.739	15
	Jumlah/ Total	44.081	379

Tabel 7 Jumlah Sampel Kota Solok per Kelurahan

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (Orang)	Ukuran Sampel (orang)
I	Lubuk Sikarah	32.645	211
1	Tanah Garam	11.853	76
2	VI Suku	5.854	38
3	Sinapa Piliang	1.312	8
4	IX Korong	1.615	10
5	K T K	2.235	14
6	Aro IV Korong	2.700	17
7	Simpang Rumbio	7.076	46
II	Tanjung Harapan	26.751	172
1	Koto Panjang	2.040	13
2	P P A	5.275	34
3	Tanjung Paku	5.493	35
4	Nan Balimo	6.911	45
5	Kampung Jawa	5.948	38
6	Laing	1.084	7
	Total	59.396	383

Tabel 8 Jumlah Sampel Kota Sawah Lunto per Kelurahan

No	Kecamatan/Kelurahan	Jumlah Penduduk (Orang)	Ukuran Sampel (orang)
I	Silungkang	10.124	60
1	Silungkang Oso	1.418	8
2	Taratak Bancah	657	4
3	Muarokalaban	4.635	28
4	Silungkan Tigo	2.092	12
5	Silungkang Duo	1.322	8
II	Lembah Segar	11.199	67
1	Lunto Barat	105	1
2	Lunto Timur	1.097	7
3	Pasar Kubang	937	6
4	Kubang Tengah	1.277	8
5	Kubang Utara Sikabu	791	5
6	Pasar	1.666	10
7	Kubang Sirakuk Utara	979	6
8	Kubang Sirakuk Selatan	1.101	7
9	Aur Mulyo	1.045	6
10	Tanah Lapang	1.300	8
11	Air Dingin	901	5

III	Barangin	13.488	80
1	Lumindai	229	1
2	Balai Batu Sandaran	773	5
3	Saringan	1.526	9
4	Lubang Panjang	1.651	10
5	Durian I	2.056	12
6	Durian II	2.106	13
7	Talago Gunung	151	1
8	S a n t u r	2.799	17
9	Kolok Mudiak	1.000	6
10	Kolok Nan Tuo	1.197	7
IV	Talawi	29.296	175
1	Sikalang	2.826	17
2	R a n t i h	1.777	11
3	S a l a k	2.385	14
4	Sijantang Koto	2.409	14
5	Talawi Hilir	4.734	28
6	Talawi Mudik	3.892	23
7	Bukik Gadang	2.396	14
8	Batu Tanjung	2.961	18
9	Kumbayau	2.832	17
10	Data Mansiang	139	1
11	Tumpuak Tengah	2.945	18
	Jumlah	64.107	382



11. METODE ANALISIS

Pengambilan data didapat dari hasil survey wawancara rumah tangga dan waktu tempuh perjalanan. Data hasil wawancara rumah tangga digunakan untuk pembuatan model bangkitan perjalanan rumah tangga dengan menggabungkan data total tiap rumah tangga tiap kota sampel. model yang digunakan adalah regresi linier.

Variable - variabel yang digunakan dalam model tersebut adalah variabel tidak bebas dan variabel bebas. Dari tiap variabel bebas tersebut di ambil beberapa yang tidak berkolerasi sesama variabel bebas dan berkolerasi dengan variabel tidak bebas. Hasil data tersebut dilakukan pengujian asumsi klasik dan model. Pengujian yang dilakukan adalah uji heterokedastisitas, multikolinieritas, autokolerasi dan normalitas. Sedangkan untuk pengujian model diantaranya adalah uji simultan model regresi dan uji determinasi (R^2).

Tahap selanjutnya adalah pembuatan model distribusi perjalanan, data yang digunakan adalah data asal tujuan perjalanan dan data waktu tempuh perjalanan. Proses analisis yang digunakan

adalah gravity model doubly constrained. Model persamaan yang di cari adalah fungsi hambatan dengan mengetahui koefisien α dan $\hat{\alpha}$.

Pada proses pembuatan pemilihan moda digunakan data biaya perjalanan dan waktu tempuh perjalanan tiap moda yang didapat dari hasil survey wawancara rumah tangga. Analisis data dilakukan secara statistik dengan menggunakan bantuan program statistik SPSS yang merupakan paket program aplikasi komputer untuk menganalisa data statistik. Dimana uji statistik yang digunakan untuk menganalisanya disebut metode dependen (*dependence methods*). Metode dependen menguji ada tidaknya hubungan dua set variabel. Satu variabel dari subset adalah variabel bebas (*independent variable*) dan variabel lainnya dari subset adalah variabel terikat (*dependent variable*). Tujuan dari metode ini adalah menentukan apakah variabel bebas mempengaruhi variabel terikat secara individu atau bersamaan. Dengan data variabel terikat berupa kategori/ nominal dan variabel bebasnya adalah metrik/ kontinyu maka analisa yang sesuai adalah uji statistik *logistic regression*.

A. Pemodelan Bangkitan Perjalanan

Pemodelan bangkitan perjalanan dilakukan dengan mengkalibrasi model analisis regresi sebagai fungsi dari variabel guna lahan, sosial ekonomi dan demografi. Model analisis regresi dibentuk melalui serangkaian prosedur statistik yang digunakan untuk memprediksi bentuk fungsional dari model bangkitan perjalanan. Bentuk fungsional tersebut biasanya dinyatakan melalui suatu persamaan yang dianggap cukup pantas (*reliable*) untuk menggambarkan hubungan antara jumlah perjalanan yang terbangkit atau tertarik dari/ke zona-zona perjalanan di dalam wilayah studi (sebagai variabel terikat atau *dependent variable*) dengan karakteristik tata guna lahan dan atribut populasi yang ada di zona tersebut (sebagai variabel bebas atau *independent variable* atau *explanatory variabel*).

Atribut yang dimiliki oleh tata guna lahan dan populasi di zona-zona yang ada di wilayah studi sangat bervariasi. Sehingga sangat banyak faktor yang mungkin dapat dimasukkan sebagai kandidat variabel bebas ke dalam persamaan regresi. Pemodelan harus menyeleksi variabel apa saja yang layak dan yang tidak layak dimasukkan ke dalam persamaan. Dengan demikian akan diperoleh kombinasi variabel bebas terbaik yang akan menyusun persamaan regresi yang memenuhi persyaratan model secara statistik. Penyeleksian ini dilakukan dengan mengevaluasi beberapa besaran statistik yang diperoleh dengan menganalisis data-data yang diperoleh dari lapangan.

a) Model Analisis Regresi Linear

Model analisis regresi-linear dapat memodelkan hubungan antara dua peubah atau lebih. Pada model ini terdapat peubah tidak bebas (y) yang mempunyai hubungan

fungsional dengan satu atau peubah bebas (X_i). Dalam kasus yang paling sederhana, hubungan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Ofyar Z. Tamim).

$$Y = A + BX$$

Y = peubah tidak bebas

X = peubah bebas

A = intersep atau konstanta regresi

B = koefisien regresi

Jika persamaan diatas akan digunakan untuk memperkirakan bangkitan pergerakan berbasis zona, semua peubah diidentifikasi dengan tikalas i , jika akan digunakan untuk tarikan pergerakan berbasis zona, diidentifikasi dengan tikalas d .

Parameter A dan B dapat diperkirakan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil yang meminimumkan total kuadratis residual antara hasil model dengan hasil pengamatan. Nilai parameter A dan B bisa didapatkan dari persamaan berikut:

$$B = \frac{N \sum_i (X_i Y_i) - \sum_i (X_i) \cdot \sum_i (Y_i)}{N \sum_i (X_i^2) - \left(\sum_i (X_i) \right)^2}$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{X}$$

\bar{Y} dan \bar{X} adalah nilai rata-rata dari Y_i dan X_i

b) Regresi Linear Berganda

Konsep ini merupakan pengembangan lanjut dari uraian di atas, khususnya pada kasus yang mempunyai lebih banyak peubah bebas dan parameter koefisien regresi ($\hat{\beta}$). Hal ini sangat diperlukan dalam realita yang menunjukkan bahwa beberapa peubah tata guna lahan secara simultan ternyata mempengaruhi bangkitan pergerakan. Persamaan berikut memperlihatkan bentuk umum metode analisis regresi linear berganda.

$$Y = A + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_n X_n$$

Dengan : Y = Produksi perjalanan (perjalanan/hari)

X_1, \dots, X_n = peubah acak

A = konstanta regresi

B_1, \dots, B_n = koefisien regresi

Analisis regresi linear berganda adalah suatu metode statistik. Untuk menggunakannya, terdapat beberapa asumsi yang perlu diperhatikan :

- 1) Nilai peubah, khususnya peubah bebas, mempunyai nilai tertentu atau merupakan nilai yang didapat dari hasil survei tanpa kesalahan berarti;
- 2) Peubah tidak bebas (Y) harus mempunyai hubungan korelasi linear dengan peubah bebas (X). Jika hubungan tersebut tidak linear, transformasi linear harus dilakukan, meskipun batasan ini akan mempunyai implikasi lain dalam analisis residual;
- 3) Efek peubah bebas pada peubah tidak bebas merupakan penjumlahan, dan harus tidak ada korelasi yang kuat antara sesama peubah bebas;
- 4) Variansi peubah tidak bebas terhadap garis regresi harus sama untuk semua nilai peubah bebas;
- 5) Nilai peubah tidak bebas harus tersebar normal atau minimal mendekati normal;
- 6) Nilai peubah bebas sebaiknya merupakan besaran yang relatif mudah diproyeksikan.

Solusinya tetap sama, tetapi lebih kompleks sehingga beberapa hal baru harus dipertimbangkan sebagai berikut.

1. Uji Asumsi Klasik Regresi Linear

a. Uji Heterokedastisitas

Salah satu pokok dalam regresi linier adalah bahwa variansi residual dari suatu pengamatan lain adalah tidak sama. Bila variansi tersebut sama, maka berarti telah terjadi masalah heterokedastisitas. Dalam uji tersebut semua variabel bebas diregresikan terhadap Absolut residual. Bila ternyata ada satu atau lebih variabel bebas yang berpengaruh signifikan terhadap absolut residual, maka dinyatakan telah terjadi masalah heterokedastisitas menurut metode *Glejser Test*.

b. Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah situasi adanya korelasi variabel – variabel bebas di antara satu dengan lainnya, dimana variabel bebas ini tidak bersifat orthogonal. (Sritua Arief, 1993: 23). Variabel bebas yang bersifat orthogonal adalah variabel bebas yang nilai korelasi di antara sesamanya sama dengan nol.

Dalam penelitian ini uji multikolinearitas dilihat berdasarkan VIF (Variance Inflation Factor) dimana apabila nilai VIF lebih besar dari 10 maka dinyatakan terjadi masalah multikolinearitas.

c. Uji Autokorelasi

Untuk menguji keberadaan autokorelasi dalam penelitian ini digunakan metode Durbin – Watson. Angka-angka yang diperlukan dalam metode tersebut adalah nilai DW-hitung (d), nilai bawah DW-tabel (dl), dan nilai atas DW-tabel (du). Dalam penelitian ini menggunakan jumlah zona sebanyak 14

dan variabel bebas sebanyak 2 untuk masing-masing model, maka nilai atas dan bawah DW-tabel beserta aturan pengambilan kesimpulan autokorelasi dapat dilihat dalam table berikut ini :

Tabel 9 Tabel Uji Autokorelasi

DW hitung	Kesimpulan
$DW < dl$	Ada autokorelasi
$dl < DW < du$	Tanpa kesimpulan
$du < DW < (4-du)$	Tidak ada autokorelasi
$(4-du) < DW < (4-dl)$	Tanpa kesimpulan
$DW > (4-dl)$	Ada autokorelasi

d. Uji Normalisasi

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal. Sebagai dasar bahwa uji t dan uji F mengasumsikan bahwa nilai residual mengikuti distribusi normal. Disini berarti nilai residual dari hasil regresi linier harus berdistribusi normal. Jika asumsi ini dilanggar maka model regresi dianggap tidak valid dengan jumlah sampel yang ada.

Ada dua cara yang biasa digunakan untuk menguji normalitas model regresi tersebut yaitu analisis statistik (analisis Z skor *skewness* dan *kurtosis*) dan one sample *Kolmogorov-Smirnov Test*.

2. Pengujian Model

Dari hasil semua pengujian asumsi klasik diatas terpenuhi syarat-syaratnya, maka model regresi linier yang dihasilkan bersifat **BLUE** (*Best Linier Unbiased Estimator*). Untuk pengecekan selanjutnya dilakukan pengujian model yang terdiri dari uji simultan model regresi dan uji determenasi R^2 .

a. Uji Simultan Model Regresi

Uji simultan (keseluruhan; bersama-sama) pada konsep regresi linier adalah pengujian mengenai apakah model regresi yang didapatkan benar-benar dapat diterima. Uji simultan bertujuan untuk menguji apakah antara variabel-variabel bebas X dan terikat Y, atau setidaknya antara salah satu variabel X dengan variabel terikat Y, benar-benar terdapat hubungan linier (linear relation). Hipotesis yang berlaku untuk pengujian ini adalah:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

k = banyaknya variabel bebas X

β_i = parameter (koefisien) ke-i model regresi linier

Penjabaran secara hitungan untuk uji simultan ini dapat ditemui pada tabel ANOVA (*Analysis Of Variance*). Di dalam tabel ANOVA akan ditemui nilai statistik-F (*Fhitung*) dengan tingkat kepercayaan 95% maka pengambilan keputusan: $\text{sig } 0,000 < 0,05 = \alpha$.

b. Uji Determinasi R^2

Koefisien determinasi (R^2) pada intinya mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependennya. Nilai R^2 yang mendekati satu berarti variabel-variabel independennya memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel dependen (Ghozali, 2005).

B. Pemodelan Distribusi Perjalanan

Dalam gravity model, jarak, waktu tempuh atau biaya perjalanan dianggap mempunyai pengaruh terhadap besar atau kecilnya perjalanan. Bila jarak antara dua zona semakin jauh (atau waktu tempuh semakin lama, atau biaya perjalanan semakin mahal), maka banyaknya orang yang melakukan perjalanan semakin sedikit.

Terdapat 10 jenis fungsi hambatan yang umum diaplikasikan, yaitu sebagai berikut:

- 1 $(C_{id}^{-\alpha}) \cdot (\exp(-\beta \cdot C_{id}))$
- 2 $1 + (1 + \alpha \cdot (\exp(C_{id} \cdot \beta)))$
- 3 $1 + (1 + \alpha \cdot (C_{id}^{\beta}))$
- 4 $1 + (\beta \cdot C_{id})$
- 5 $1 + (C_{id}^{\beta})$
- 6 $1 + \exp(\beta \cdot C_{id})$
- 7 $1 / (1 + (C_{id}^{\beta}))$
- 8 $1 / (1 + \exp(C_{id} \cdot \beta))$
- 9 $\exp(C_{id} \cdot -\beta)$
- 10 C_{id}^{β}

Dengan :

α dan β : faktor pangkat dan faktor eksponensial

Indikator Uji Statistik

Penaksiran MAT dari data arus lalu lintas yang dihasilkan dengan menggunakan pendekatan penaksiran model kebutuhan akan transportasi akan menghasilkan arus lalu lintas yang semirip mungkin dengan data arus lalu lintas hasil pengamatan. Akan tetapi, hal yang terpenting di sini selain dari tingkat kemiripan dari arus lalu lintas yang dihasilkannya, juga tingkat kemiripan dari MAT hasil penaksiran jika dibandingkan dengan MAT hasil pengamatan. Tingkat akurasi MAT hasil penaksiran sangatlah tergantung dari beberapa factor seperti model kebutuhan akan transportasi yang digunakan, metode penaksiran, teknik pembebanan lalu lintas, data arus lalu lintas, dan beberapa factor lainnya.

Untuk itu, dibutuhkan cara yang dapat digunakan untuk dapat membandingkan MAT hasil penaksiran dengan MAT hasil pengamatan. Tingkat akurasi MAT yang dihasilkan dari data arus lalu lintas dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa indicator uji statistic. Beberapa kajian yang berkaitan dengan perilaku unjuk kerja beberapa indicator statistic untuk berbagai kondisi telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, misalnya Wilson (1967), Sikdar and Hutchinson (1981), Smith and Hutchinson (1981), dan Tamin (1988). Beberapa indicator uji statistic yang dapat digunakan untuk membandingkan MAT hasil penaksiran dengan MAT hasil pengamatan:

1. Root Mean Square Error (RMSE) dan Standard Deviasi (SD)

Indikator uji statistic RMSE adalah suatu indikator kesalahan yang didasarkan pada total kuadratis dari simpangan antar pasangan nilai sel MAT yang dapat didefinisikan sebagai persamaan:

$$RMSE = \sqrt{\sum_i \sum_d \left[\frac{(\hat{T}_{id} - T_{id})^2}{N \cdot (N-1)} \right]}$$

Beberapa peneliti menggunakan standard deviasi dari simpangan dapat didefinisikan sebagai persamaan:

$$SD = \sqrt{\sum_i \sum_d \left[\frac{(\hat{T}_{id} - T_{id})^2}{N \cdot (N-1) - 1} \right]}$$

Terlihat bahwa semakin besar nilai N maka nilai RMSE akan kira-kira sama dengan nilai SD. Semakin besar nilai RMSE dan SD, maka semakin tidak akurat MAT hasil penaksiran dibandingkan MAT hasil pengamatan.

2. Sum of Square Error (SSE)

Indikator statistik SSE dapat didefinisikan sebagai persamaan:

$$SSE = \sum_i \sum_d (\hat{T}_{id} - T_{id})^2$$

Makin besar nilai SSE, maka ketidakakuratan MAT hasil penaksiran dibandingkan dengan MAT hasil pengamatan akan semakin besar. Demikian juga sebaliknya, makin kecil nilai SSE menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi antar MAT yang diperbandingkan.

C. Pemodelan Pemilihan Moda

Dalam Naskah ini digunakan metodologi statistik deskriptif, sebab hasil/pemahaman yang disajikan diperoleh dari interpretasi data hasil survei lapangan. Data yang dibutuhkan untuk analisa pemilihan moda diperoleh melalui *home interview* dengan menggunakan kuesioner dan mengacu pada *Stated Preference Techniques*.

Dalam studi ini pemilihan moda dilakukan untuk melihat probabilitas seseorang memilih diantara 2 (dua) pilihan antara memilih moda transportasi kendaraan pribadi (roda empat dan roda dua) dan angkutan umum. Analisis data dilakukan secara statistik dengan menggunakan bantuan program statistik SPSS (*Statistical Program For Social Science*) yang merupakan paket program aplikasi komputer untuk menganalisa data statistik. Dimana uji statistik yang digunakan untuk menganalisanya disebut metode dependen (*dependence methods*). Metode dependen menguji ada tidaknya hubungan dua set variabel. Satu variabel dari subset adalah variabel bebas (*independent variable*) dan variabel lainnya dari subset adalah variabel terikat (*dependent variable*). Tujuan dari metode ini adalah menentukan apakah variabel bebas mempengaruhi variabel terikat secara individu atau bersamaan. Dengan data variabel terikat berupa kategori/ nominal dan variabel bebasnya adalah metrik/ kontinyu maka analisa yang sesuai adalah uji statistik *logistic regression*.

Fungsi logit

distribusi gumbel

Bila menggunakan distribusi normal \diamond fungsi probit.

Contoh:

Ada dua moda, mobil dan angkutan umum, ongkos perjalanan:

- mobil = C_1

- angkutan umum = $C_2 + \delta$

δ = model penalty (ketidaknyamanan, kurang aman, dll).

Dengan menggunakan fungsi logit, dapat diturunkan sbb:

$$P_1 = \frac{1}{1 + \exp(-\beta(C_2 + \delta - C_1))}$$

$$P_2 = 1 - P_1 = \frac{\exp(-\beta(C_2 + \delta - C_1))}{1 + \exp(-\beta(C_2 + \delta - C_1))}$$

P_1 = proporsi pemakai mobil

$$\frac{P_1}{1 - P_1} = \frac{1}{\exp(-\beta(C_2 + \delta - C_1))} = \exp(\beta(C_2 + \delta - C_1))$$

Dengan logaritmik natural dapat disederhanakan menjadi :

$$\ln \frac{P_1}{1 - P_1} = \beta(C_2 - C_1) + \beta\delta$$

Persamaan tersebut mirip dengan persamaan linier

$$\frac{P_1}{1 - P_1} = \frac{1}{\exp(-\beta(C_2 + \delta - C_1))} = \exp(\beta(C_2 + \delta - C_1))$$

Dengan logaritmik natural dapat disederhanakan menjadi :

$$\ln \frac{P_1}{1 - P_1} = \beta(C_2 - C_1) + \beta\delta$$

Persamaan tersebut mirip dengan persamaan linier

$$Y = aX + b$$

Dimana :

$$\ln \frac{P_1}{1 - P_1} = \beta(C_2 - C_1) + \beta\delta \quad X = (C_2 - C_1)$$

$$a = \beta \quad b = \beta\delta$$

Y dan X diperoleh dari informasi survei

Pada studi ini, digunakan model logit untuk dalam melakukan pemilihan moda, data yang dibutuhkan adalah :

- total perjalanan dari tempat asal ke tempat tujuan
 - jumlah perjalanan dari tempat asal ke tempat tujuan dengan menggunakan moda x
 - ongkos perjalanan dari tempat asal ke tempat tujuan dengan menggunakan moda x
 - parameter kalibrasi, penentu penyebaran pemilihan
- yang kemudian, data tersebut digunakan pada fungsi logit sebagai berikut :

$$P_{1-n} = \frac{1}{1 + \exp(-\beta(C_2 + \delta - C_1))}$$

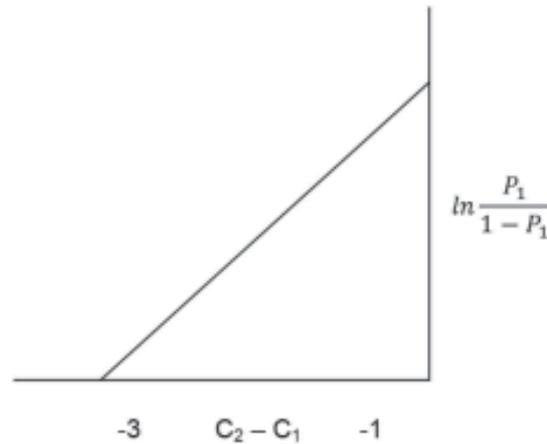
dengan :

P_{1-n} = proporsi pemakai moda 1, 2, 3,..., n

C_1 = ongkos perjalanan dengan menggunakan moda 1

C_2 = ongkos perjalanan dengan menggunakan moda 2

Nilai parameter B dan α ditentukan terlebih dahulu dengan menggunakan grafik



D. Pemodelan Pemilihan Rute

Dalam melakukan pemilihan rute, terdapat beberapa alasan utama yang melatarbelakanginya diikuti dengan faktor penentu umum yang menjadi dasar pengembangan model pemilihan rute. Terdapat beberapa model pemilihan rute, yaitu :

1. Model all – or – nothing, dalam model ini dianggap bahwa setiap pengendara mempunyai persepsi rute terbaik yang sama.
2. Model Stokastik, pada model ini mencoba mempertimbangkan perbedaan persepsi pengemudi terhadap rute terbaiknya.
3. Model Kurva Diversi, pada model ini rute yang dipilih tidak terlalu banyak.

Kondisi jalan di perkotaan saat ini cenderung kritis, hal tersebut terlihat dari seringnya terjadi kemacetan yang disebabkan oleh tingginya tingkat urbanisasi, pertumbuhan ekonomi dan pemilikan kendaraan, serta tidak efisiennya fungsi jaringan jalan. Dengan adanya kondisi tersebut, menimbulkan biaya tambahan, tundaan kemacetan, dan bertambahnya polusi udara dan suara. Sehingga sebagai pengguna jalan, diharuskan untuk memilih rute yang tepat untuk melakukan perjalanan dengan waktu tempuh yang minimum dan biaya yang paling murah.

Pada tahap pembebanan rute, beberapa prinsip digunakan untuk membebaskan MAT pada jaringan jalan yang akhirnya menghasilkan informasi arus lalu lintas pada setiap ruas jalan. Tetapi, hal ini bukanlah satu-satunya informasi. Terdapat beberapa informasi tambahan lainnya yang bisa dihasilkan sebagaimana diuraikan berikut ini.

1. Primer

- Ukuran kinerja jaringan seperti arus dan keuntungan pelayanan bus;
- Taksiran biaya (waktu) perjalanan antarzona untuk tingkat kebutuhan pergerakan tertentu;
- Informasi mengenai arus lalu lintas dan ruas jalan yang macet.

2. Sekunder

- Taksiran rute yang digunakan oleh antar-pasangan-zona;
- Analisis pasangan zona yang menggunakan ruas jalan tertentu;
- Pola pergerakan pada persimpangan

Dalam studi ini model pemilihan rute yang digunakan adalah Stokastik murni (dial, burrel), dimana efek batasan kapasitas tidak dipertimbangkan begitu pula dengan efek stokastik tidak dipertimbangkan. Batasan analisis penentuan rute adalah volume dan waktu yang menggunakan asumsi hukum davidson, sebagai berikut :

$$T_Q = T_o \times \left[\frac{1 - (1 - \alpha) \times \frac{Q}{C}}{1 - \frac{Q}{C}} \right]$$

Dimana :

T_Q = Waktu tempuh pada kondisi volume = Q;

T_o = Waktu tempuh pada kondisi Q=0;

Q = Arus (kend/jam);

C = Kapasitas (kend/jam);

α = Indeks tingkat pelayanan (ITP).

Sehingga setelah dilakukan 3 tahapan pemodelan, yaitu Tahap Bangkitan, Tahap Distribusi, dan Tahap Pemilihan Moda, perlu untuk dilakukan pengumpulan data yang mendukung dilakukannya pemilihan rute, diantaranya adalah :

- Panjang masing – masing rute yang akan dipilih (km);
- Waktu tempuh pada kondisi free flow, Q=0 (T_o , menit);
- Kapasitas jalan (C, kendaraan/jam);
- Arus lalu lintas (Q, kendaraan).

Dengan diketahuinya data tersebut di atas, pada analisis model pemilihan rute dihasilkan nilai ITP (α).



12. UKURAN KINERJA PROSES ANALISIS

A. Model Bangkitan\Tarikan Perjalanan

Variable - variabel yang digunakan dalam model adalah total perjalanan dalam rumah tangga menjadi variabel tidak bebas, sedangkan yang menjadi variabel bebas adalah jumlah penduduk. Dalam proses analisis dilakukan beberapa pengujian yaitu uji heterokedastisitas, autokolerasi dan normalitas. Sedangkan untuk pengujian model diantaranya adalah uji simultan model regresi dan uji determinasi (R^2).

a) Uji Heterokedastisitas

Salah satu pokok dalam regresi linier adalah bahwa variansi residual dari suatu pengamatan lain adalah tidak sama. Bila variansi tersebut sama, maka berarti telah terjadi masalah heterokedastisitas. Dalam uji tersebut semua variabel bebas diregresikan terhadap Absolut residual. Bila ternyata ada satu atau lebih variable bebas yang berpengaruh signifikan

terhadap absolut residual, maka dinyatakan telah terjadi masalah heterokedastisitas menurut metode *Glejser Test*.

Tabel 10 Pengujian Heterokedastisitas Untuk Model Bangkitan

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2792,216	456,839		6,112	,000
	pend_per1000	-39,189	126,984	-,047	-,309	,039

a. Dependent Variable: Abs_resid

Tabel 11 Pengujian Heterokedastisitas Untuk Model Tarikan

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2243,636	410,552		5,465	,000
	pend_per1000	13,974	115,167	,019	,121	,024

a. Dependent Variable: Abs_resid

Suatu variabel dinyatakan mempengaruhi absresid pada model tersebut bilamana p-value (yang berada dalam kolom signifikan) bernilai lebih kecil dari α (5%). Berdasarkan tabel diatas ternyata tidak ada satupun variabel yang memiliki p-value lebih kecil dari α (5%). Maka dinyatakan bahwa tidak ada satupun variabel bebas yang mempengaruhi absresid, dan hal tersebut berarti tidak terjadi masalah heterokedastisitas dalam kedua model ini.

b) Uji Autokorelasi

Untuk menguji keberadaan autokorelasi dalam penelitian ini digunakan metode Durbin – Watson. Angka-angka yang diperlukan dalam metode tersebut adalah nilai DW-hitung (d), nilai bawah DW-tabel (dl), dan nilai atas DW-tabel (du). Pengambilan kesimpulan autokorelasi dapat dilihat dalam table berikut ini.

Tabel 12 Tabel Uji Autokorelasi

DW hitung	Kesimpulan
$DW < dl$	Ada autokorelasi
$dl < DW < du$	Tanpa kesimpulan
$du < DW < (4-du)$	Tidak ada autokorelasi
$(4-du) < DW < (4-dl)$	Tanpa kesimpulan
$DW > (4-dl)$	Ada autokorelasi

Tabel 13 Hasil Pengujian Autokorelasi Model Bangkitan Perjalanan

Model Summary ^b					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,764 ^a	,584	,574	3283,253	1,853
a. Predictors: (Constant), pend_per1000					
b. Dependent Variable: Bangkitan					

Tabel 14 Hasil Pengujian Autokorelasi Model Bangkitan Perjalanan

Model Summary ^b					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,820 ^a	,673	,664	2828,529	1,717
a. Predictors: (Constant), pend_per1000					
b. Dependent Variable: Tarikan					

Dengan mengacu pada tabel DW, nilai Durbin Watson batas bawah (dl) sebesar 1.4151 dan batas atas (du) sebesar 1.6091. Berdasarkan hasil SPSS model bangkitan perjalanan di ketahui nilai DW hitung pada Tabel 13 adalah sebesar 1,853. Selanjutnya di ketahui bahwa nilai DW hitung terletak diantara $du < DW < (4-du)$. Mengacu pada tabel uji autokorelasi, maka kemudian ditarik suatu kesimpulan bahwa tidak terjadi autokorelasi. Sedangkan pada model tarikan berdasarkan hasil SPSS nilai DW hitung pada Tabel 14 adalah sebesar 1.717 maka nilai DW hitung terletak diantara $du < DW < (4-du)$ sehingga ditarik suatu kesimpulan bahwa tidak terjadi autokorelasi.

c) Uji Normalisasi

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal. Sebagai dasar bahwa uji t dan uji F mengasumsikan bahwa nilai residual mengikuti distribusi normal. Disini berarti nilai residual dari hasil regresi linier harus berdistribusi normal. Jika asumsi ini dilanggar maka model regresi dianggap tidak valid dengan jumlah sampel yang ada.

Ada dua cara yang biasa digunakan untuk menguji normalitas model regresi tersebut yaitu analisis statistik (analisis Z skor *skewness* dan *kurtosis*) dan one sample *Kolmogorov-Smirnov Test*. Dalam pengambilan keputusan bahwa nilai ini berdistribusi normal maka dilakukan pengujian dengan analisis statistik (analisis Z skor *skewness* dan *kurtosis*) one sample *Kolmogorov-Smirnov Test* dan *shapiro wilk* pada tabel berikut.

Tabel 15 Pengujian Z skor skewness dan kurtosis Model Bangkitan Perjalanan

Descriptive Statistics				
	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Unstandardized Residual	,597	,354	-,119	,695
Valid N (listwise)				

Tabel 16 Pengujian Z skor skewness dan kurtosis Model Tarikan Perjalanan

Descriptive Statistics				
	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Unstandardized Residual	,586	,369	-,264	,724
Valid N (listwise)				

Hasil analisis normalitas untuk model bangkitan pada Tabel 15 nilai rasio skewness = $0,597/0,354 = 1,686$; sedang rasio kurtosis = $-0,119/0,695 = -0,171$. masih diantara -2 sampai 2 oleh karena itu data berdistribusi normal. Pada model tarikan perjalanan nilai rasio *Skewness* sebesar $0,586/0,369 = 1,588$ dan nilai rasio *kurtosis* sebesar $-0,264/0,724 = 0,364$ maka data berdistribusi normal.

d) Uji Simultan Model Regresi

Uji simultan (keseluruhan; bersama-sama) pada konsep regresi linier adalah pengujian mengenai apakah model regresi yang didapatkan benar-benar dapat diterima. Uji simultan bertujuan untuk menguji apakah antara variabel-variabel bebas X dan terikat Y, atau setidaknya antara salah satu variabel X dengan variabel terikat Y, benar-benar terdapat hubungan linier (linear relation). Hipotesis yang berlaku untuk pengujian ini adalah:

$$H_0 : \hat{\alpha}_1 = \hat{\alpha}_2 \dots = \hat{\alpha}_k = 0$$

$$H_1 : \hat{\alpha}_i \neq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

k = banyaknya variabel bebas X

$\hat{\alpha}_i$ = parameter (koefisien) ke-i model regresi linier

Penjabaran secara hitungan untuk uji simultan ini dapat ditemui pada tabel ANOVA (*Analysis Of Variance*). Di dalam tabel ANOVA akan ditemui nilai statistik-F (*Fhitung*) dengan tingkat kepercayaan 95% maka pengambilan keputusan: $\text{sig } 0,000 < 0,05 = \alpha$. Pada table berikut merupakan hasil uji simultan model regresi.

Dari hasil semua pengujian asumsi klasik diatas terpenuhi syarat-syaratnya, maka model regresi linier yang dihasilkan bersifat BLUE (Best Linier Unbiased Estimator). Untuk pengecekan selanjutnya dilakukan pengujian model yang terdiri dari uji simultan model regresi dan uji determenasi R^2 .

Tabel 17 Pengujian Simultan Model Bangkitan Perjalanan

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,511E8	1	6,511E8	60,401	,000 ^a
	Residual	4,635E8	43	1,078E7		
	Total	1,115E9	44			
a. Predictors: (Constant), pend_per1000						
b. Dependent Variable: Bangkitan						

Tabel 18 Pengujian Simultan Model Tarikan Perjalanan

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,415E8	1	6,415E8	80,183	,000 ^a
	Residual	3,120E8	39	8000574,006		
	Total	9,535E8	40			
a. Predictors: (Constant), pend_per1000						
b. Dependent Variable: Tarikan						

Dari kedua table diatas didapat nilai Sig pada setiap model $< 0,05 = \alpha$, maka kesimpulan dari uji ini adalah ada pengaruh yang signifikan antara semua variable bebas dengan variable tidak bebasnya untuk kedua model.

e) Uji Determenasi R²

Koefisien determinasi (R²) pada intinya mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variable dependennya. Nilai R² yang mendekati satu berarti variable-variabel independennya memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variable dependen (Ghozali, 2005).

Berdasar output SPSS pada Tabel 13 untuk model bangkitan tampak bahwa dari hasil perhitungan diperoleh Nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,584. Dengan kata lain hal ini menunjukkan bahwa besar pergerakan bangkitan yang bisa dijelaskan dari variabel bebas Jumlah penduduk dan seperjumlah penduduk sebesar 58,4%, sedangkan sisanya sebesar 41,6% dijelaskan oleh sebab-sebab lain diluar model.

Pada model Tarikan tampak bahwa dari hasil perhitungan diperoleh Nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0.673. Dengan kata lain hal ini menunjukkan bahwa besar pergerakan tarikan yang bisa dijelaskan dari variabel bebas yaitu Variabel jumlah penduduk dengan pangkat dua dari jumlah penduduk, sebesar 67,3%, sedangkan sisanya sebesar 32,7% dijelaskan oleh sebab-sebab lain diluar model.

f) Model Bangkitan dan Tarikan Perjalanan Kota Kecil

Berdasarkan pada analisis yang dilakukan pada tahap bangkitan dan tarikan perjalanan transportasi jalan di kota kecil ini, maka didapatkan model bangkitan dan tarikan perjalanan transportasi jalan kota kecil sebagai berikut :

$$O = 5492,6039 + 1793.129P \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

$$D = 1838.036P + 4932.262 \dots\dots\dots \text{Persamaan 2}$$

Dimana :

- O = Total Bangkitan Perjalanan (perjalanan orang/hari)
- D = Total Perjalanan Tarikan (perjalanan orang/hari)
- P = Jumlah Penduduk (orang/1000)

B. Model Distribusi Perjalanan

Dari bangkitan/tarikan yang telah diperoleh, maka perjalanan didistribusikan dengan model penyebaran yang sesuai, sehingga dihasilkan matriks pergerakan dari/ke masing-masing zona yang diperhitungkan. pemodelan dilakukan dengan metode Production Constrained Gravity Model. Input yang diperlukan untuk production constrained gravity model adalah:

- Bangkitan perjalanan (misalnya dari home interview survei)
- Tarikan perjalanan
- Variabel pemisah antar zona

Production constrained gravity model memungkinkan kesamaan antara jumlah perjalanan yang berasal dari satu zona (hasil perhitungan) dengan bankitan perjalanan yang diinputkan. Sedangkan jumlah perjalanan yan menuju satu zona tidak perlu dijumlahkan karena tarian perjalanan bukan merupakan input.

Pada model-model berikut ini, input adalah:

- O_i : Bangkitan perjalanan yang merupakan hasil survey household inteview
- D_j : Tarikan perjalanan
- c_{ij} : Travel time antar zona

Pemodelan dilakukan dengan 10 jenis fungsi hambatan dengan koefisien zone (A_i) sebagai penyeimbang. Berikut model distribusi :

$$T_{id} = A_i \times O_i \times B_j \times D_j \times f(c_{ij})$$

$$\text{Dengan } A_i = (\sum (B_j \times D_j \times f(c_{ij})))^{-1}$$

$$B_j = (\sum (A_i \times O_i \times f(c_{ij})))^{-1}$$

Adapun 10 fungsi hambatan yang di uji sebagai berikut :

- 1 $(C_{id}^{-\alpha}) * (\exp(-\beta * C_{id}))$
- 2 $1 + (1 + \alpha * (\exp(C_{id} * \beta)))$
- 3 $1 + (1 + \alpha * (C_{id}^{\beta}))$
- 4 $1 + (\beta * C_{id})$
- 5 $1 + (C_{id}^{\beta})$
- 6 $1 + \exp(\beta * C_{id})$
- 7 $1 / (1 + (C_{id}^{\beta}))$
- 8 $1 / (1 + \exp(C_{id} * \beta))$
- 9 $\exp(C_{id} * -\beta)$
- 10 C_{id}^{β}

Hasil parameter dari sepuluh persamaan untuk masing-masing jenis fungsi hambatan setelah dilakukan iterasi sebanyak 20 kali dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19 Nilai Parameter Berbagai Fungsi Hambatan

No.	FUNGSI HAMBATAN f(C _{id})	α	β	SSE	RMSE
1	$(C_{id}^{-\alpha}) * (\exp(-\beta * C_{id}))$	-2,1578	0,0121	797.912.701,70	3.328,98
2	$1 + (1 + \alpha * (\exp(C_{id} * \beta)))$	-	-	64.095.363.916,03	29.836,44
3	$1 + (1 + \alpha * (C_{id}^{\beta}))$	-	-	64.095.363.916,03	29.836,44
4	$1 + (\beta * C_{id})$	-	0,1439	28.793.636.667,95	19.997,79
5	$1 + (C_{id}^{\beta})$	-	0,5640	26.311.823.359,92	19.116,54
6	$1 + \exp(\beta * C_{id})$	-	0,0041	38.468.073.519,81	23.114,47
7	$1 / (1 + (C_{id}^{\beta}))$	-	-53.687.091,2	46.036.569.360,53	25.286,30
8	$1 / (1 + \exp(C_{id} * \beta))$	-	-0,0104	46.177.333.469,89	25.324,93
9	$\exp(C_{id} * -\beta)$	-	-0,0033	37.322.576.948,52	22.767,72
10	C_{id}^{β}	-	0,4708	25.657.241.082,99	18.877,25
				MINIMUM	3.328,98

Model yang diambil adalah fungsi hambatan yang menghasilkan Sum of Square Error (SSE) terkecil yaitu persamaan no 1. Maka model uji hambatan $(C_{id}^{-\alpha}) * (\exp(-\beta * C_{id}))$ adalah :

$$(C_{id}^{2,1578}) * (\exp(-0,0121 * C_{id})) \dots\dots\dots \text{Persamaan 3}$$

C. Model Pemilihan Moda

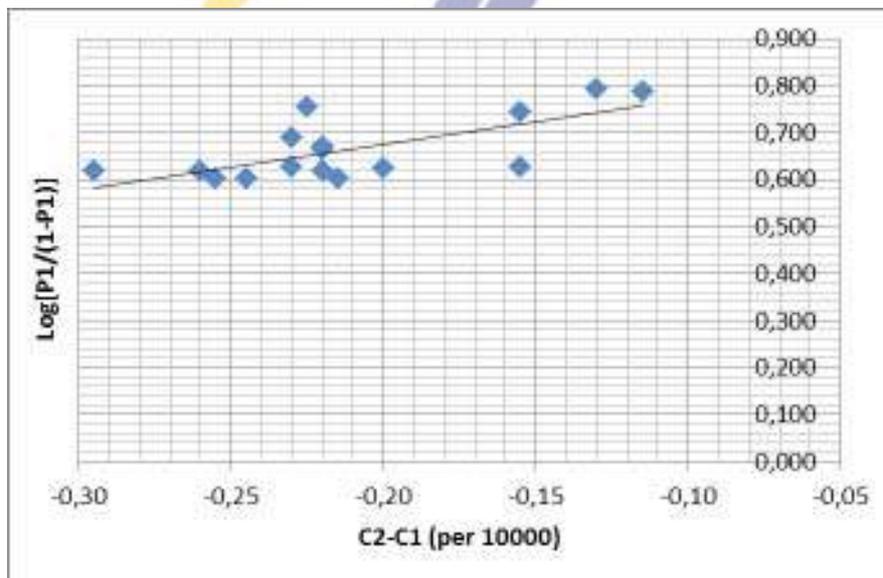
Dalam analisis model pemilihan moda, moda dibagi menjadi kendaraan pribadi dan angkutan umum, dimana kendaraan pribadi dibagi menjadi dua yaitu mobil penumpang dan sepeda motor. Dalam analisis ini terdapat dua kali proses analisis, yang pertama model pemilihan moda kendaraan pribadi dengan angkutan umum, dan proses yang kedua adalah mobil penumpang dengan sepeda motor.

Tiap moda yang dianalisis mempunyai biaya perjalanan C_{ij}^k , diasumsikan bahwa C_{ij}^1 dan C_{ij}^2 merupakan bagian yang diketahui dari biaya umum dari setiap moda dan pasangan asal-tujuan. Informasi masi lain untuk keperluan analisis adalah proporsi penggunaan moda untuk setiap pasangan (i,j), P_{ijk} . Dari dua variabel tersebut maka dapat menghitung nilai δ dan d dengan menggunakan analisis regresi linear. Proporsi P untuk setiap pasangan (i,j), untuk alasan penyederhanaan indikator (i,j) dihilangkan, adalah:

$$\text{Log} \left[\frac{P_1}{1-P_1} \right] = \lambda(C_2 - C_1) + \lambda\delta$$

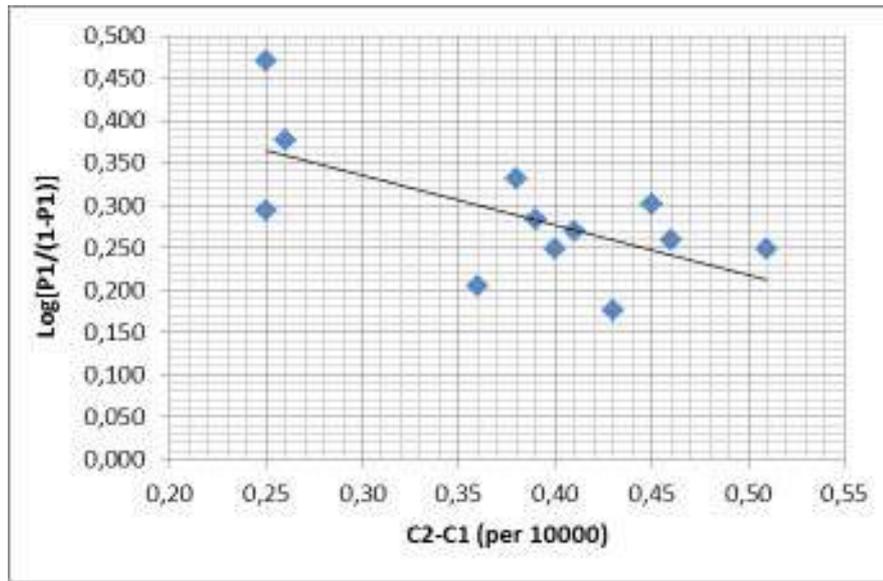
Tahap pertama dilakukan agregasi antara moda pribadi dengan moda umum dilakukan regresi linear untuk Kalibrasi model logit-biner dan tahap dua untuk moda motor dengan mobil. Grafik plot hubungan antara

$\text{Log} \left[\frac{P_1}{1-P_1} \right]$ dengan $(C_2 - C_1)$ untuk masing-masing hubungan antar moda dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4

Garis linear terbaik hubungan antara $\text{Log} \left[\frac{P_1}{1-P_1} \right]$ dengan $(C_2 - C_1)$ Untuk Moda Pribadi dengan Umum



Gambar 5 Garis linear terbaik hubungan antara dengan Untuk Moda Mobil dengan Motor

Dari hasil regresi linear terbaik hubungan antara dengan untuk moda pribadi dengan umum adalah $= 0,9638 + 0,8678$ dengan $R^2 = 0,4847$. Sedangkan untuk moda mobil penumpang dengan sepeda motor persamaan linear terbaik adalah $= -0,5849 + 0,5103$ dengan $R^2 = 0,4097$.

Berdasarkan pada analisis yang dilakukan pada tahap Pemilihan moda perjalanan transportasi jalan di kota kecil ini, maka didapatkan model pemilihan moda untuk moda motor, mobil dan angkutan umum untuk perjalanan kota kecil sebagai berikut:

$$P_P = \frac{1}{1 - e^{0,9638(C_U - C_P) + 0,8678}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 4}$$

$$P_{SM} = \frac{1}{1 - e^{-0,5849(C_{MP} - C_{SM}) + 0,5103}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 5}$$

Maka :

$$P_{SM} = \frac{1}{1 - e^{-0,5849(C_{MP} - C_{SM}) + 0,5103}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 6}$$

$$P_{MP} = P_P - P_{SM}, \text{ dan } \dots\dots\dots \text{Persamaan 7}$$

$$P_U = 1 - (P_{MP} - P_{SM}) \dots\dots\dots \text{Persamaan 8}$$

Dimana :

- P_P = Proporsi Kendaraan Pribadi (%)
- P_{SM} = Proporsi Kendaraan Sepeda Motor (%)
- P_{MP} = Proporsi Kendaraan Mobil Penumpang (%)
- P_U = Proporsi Kendaraan Umum (%)
- C_U = Biaya Perjalanan Kendaraan Umum (Rupiah per 10000)
- C_P = Biaya Perjalanan Kendaraan Pribadi (Rupiah per 10000)
- C_{SM} = Biaya Perjalanan Sepeda Motor (Rupiah per 10000)
- C_{MP} = Biaya Perjalanan Mobil Penumpang (Rupiah per 10000)

D. Model Pemilihan Rute

Pada tahap pemilihan rute ini, digunakan data berupa data kinerja jalan eksisting wilayah kajian studi yaitu :

- Panjang jalan (km),
- Kapasitas jalan (smp/jam);
- LHR (smp/jam);
- Kecepatan Tempuh (km/jam); dan
- Waktu Tempuh (detik/km).

Nilai ITP didapatkan dengan menggunakan metode analisis linier, nilai X (peubah bebas)nya adalah :

$$X = \frac{Q}{C - Q}$$

Dimana :

Q = LHR (smp/jam);

C = Kapasitas jalan (smp/jam).

Sedangkan parameter Y (peubah tidak bebas)nya adalah nilai waktu tempuh perjalanan (detik/km), sehingga didapatkan parameter A (konstanta regresi) dan B (koefisien regresi) sebagai berikut :

$$B = \frac{N \sum (X_i Y_i) - \sum (X_i) \sum (Y_i)}{N \sum (X_i^2) - \left(\sum (X_i) \right)^2}$$

$$A = \bar{Y} - B \bar{X}$$

\bar{Y} dan \bar{X} adalah nilai rata-rata dari Y, dan X

Dari hasil analisis didapatkan nilai :

$$B = 34,45$$

$$A = 110,21$$

Sehingga didapatkan nilai ITP untuk kota kecil adalah sebagai berikut :

$$ITP(\alpha) = \frac{B}{A} = \frac{34,45}{110,21} = 0,31$$

Selanjutnya nilai tersebut digunakan pada model pemilihan rute sebagai berikut:

$$T_Q = T_o \times \left[\frac{1 - (1 - a) \times \frac{Q}{C}}{1 - \frac{Q}{C}} \right]$$

Dimana :

T_o = Waktu tempuh pada kondisi volume = Q ;

T_o = Waktu tempuh pada kondisi $Q=0$;

Q = Arus (kend/jam);

C = Kapasitas (kend/jam);

a = Indeks tingkat pelayanan (ITP) H^* 0,3

Model pemilihan rute untuk kota kecil adalah sebagai berikut :

$$T_Q = T_o \times \left[\frac{1 - 0,7 \times \frac{Q}{C}}{1 - \frac{Q}{C}} \right] \dots\dots\dots \text{Persamaan 9}$$

E. Analisis Model Peramalan Transportasi Jalan

Dalam melakukan perencanaan transportasi, dibutuhkan peramalan (perkiraan) transportasi, karena rencana disusun berdasarkan ramalan yang memungkinkan terjadi di masa yang akan datang.

Peramalan dilakukan jika diketahui nilai tingkat pertumbuhan, nilai tingkat pertumbuhan untuk kota kecil menggunakan angka pertumbuhan penduduk di masing – masing kota kecil yang menjadi wilayah kajian studi selama sepuluh (10) tahun terakhir, kemudian dirata – ratakan. Adapun nilai tingkat pertumbuhan penduduk untuk setiap kota kecil tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 20 Tingkat Pertumbuhan Penduduk Wilayah Kajian

No.	Kota Kecil	Tingkat Pertumbuhan Penduduk 10 tahun terakhir (2001 – 2011)
1	Solok	2,13 %
2	Padang Panjang	1,59 %
3	Sawah Lunto	1,11 %
	Rata - rata	1,6 %

Sehingga, didapatkan tingkat pertumbuhan kota kecil yaitu 1,6 %, untuk itu pada setiap variabel model perencanaan transportasi jalan di kota kecil menggunakan persamaan 5-9.

$$F = Px(1+i)^n \dots\dots\dots \text{Persamaan 10}$$

dimana:

- F = Prediksi jumlah penduduk yang akan datang (orang)
- P = Jumlah penduduk saat ini (orang)
- i = Tingkat pertumbuhan penduduk untuk kota Kecil = 1,6 %
- n = Jumlah tahun prediksi

F. Validasi Model Transportasi Kota Kecil

Validasi model dilakukan dengan simulasi kecil yang membandingkan nilai arus berdasarkan hasil pemodelan dengan nilai arus di lokasi studi, wilayah studi yang digunakan adalah Kota Solok, adapun rute yang digunakan untuk validasi adalah :

1. Jalan Lubuk Sikarah ke Tj Harapan, dengan nilai kapasitas 2400 kendaraan dan nilai arus 2175 kendaraan.
2. Jalan Menuju Tanjung Harapan, melewati jalan Proklamasi dengan nilai kapasitas 2000 kendaraan dan nilai arus 1724.

Adapun tahap perhitungan model transportasi jalan Kota Solok adalah sebagai berikut :

A. Tahap Bangkitan dan Tarikan Perjalanan

Perhitungan nilai bangkitan dan tarikan perjalanan dilakukan dengan menggunakan data jumlah penduduk di tiap zona.

$$O = 5492,6039 + 1793.129P$$

$$D = 1838.036P + 4932.262$$

Dimana :

O = Total Bangkitan Perjalanan (perjalanan orang/hari)

D = Total Perjalanan Tarikan (perjalanan orang/hari)

P = Jumlah Penduduk (orang/1000)

Tabel 6 20 Hasil Perhitungan Bangkitan Tarikan

No.	Zona/ Kecamatan	Jumlah Penduduk (P, org/1000)	Origin/Asal (O _i)	Destination/Tujuan (D _d)
1	Lubuk Sikarah	32,645	64029	64935
2	Tanjung Harapan	26,751	53461	52555

B. Tahap Sebaran Perjalanan

Setelah didapatkan nilai bangkitan dan tarikan untuk tiap zona, selanjutnya dibuat sebuah matriks asal (O_i) dan tujuan (D_d) dengan memasukan nilai bangkitan di kolom O_i dan nilai tarikan di baris D_d , seperti berikut:

Tabel 6 21 Matriks Bangkitan Tarikan Perjalanan

Zona	1	2	Oi
1	T ₁₁	T ₁₂	64029
2	T ₂₁	T ₂₂	53461
Dd	64935	52555	

Kemudian untuk mengisi setiap T_{id} di butuhkan Matriks Waktu Tempuh Perjalanan(jam) (C_{id}) untuk setiap perjalanan dan matriks hambatan perjalanan, seperti berikut:

Tabel 6 21 Matriks Waktu Tempuh

Zona	1	2
1	0,18	0,23
2	0,25	0,14

Fungsi hambatan untuk setiap perjalanan adalah :

$$f(C_{id}) = (C_{id}^{2,1578}) * (\exp(-0,0121 * C_{id}))$$

$$f(C_{11}) = (C_{11}^{2,1578}) * (\exp(-0,0121 * C_{11})) = 0,0234$$

Tabel 6 22 Matriks Hambatan Perjalanan

Zona	1	2
1	0,0234	0,0415
2	0,0485	0,0146

Perhitungan Sebaran metode tanpa batasan

A_i = 1 untuk seluruh I dan B_d = 1 untuk seluruh d

T_{id} = A_i · O_i · B_d · D_d · f_{id}

T₁₁ = 1 x 46968 x 1 x 46968 x 0,0234 = 97291098

Tabel 6 23 Matriks Sebaran metode tanpa batasan

Zona	1	2	oi	Oi	Ei	Ai
1	97291098	139649853	236940951	64029	0.00027	1
2	168365863	41020439	209386302	53461	0.00026	1
dd	265656961	180670292	446327253			
Dd	64935	52555		117489		
Ed	0.00024	0.00029				
Bd	1	1				

Modifikasi dengan faktor sebesar $= 117489 / 446327253$
 $= 0.000263237$

Pengulangan pertama dilakukan dengan menggunakan nilai faktor E_i

$$E_i = 0.000263237$$

$$T_{id} = O_i \cdot E_i \cdot D_d \cdot f_{id}$$

$$T_{11} = 64029 \times 0.000263237 \times 64935 \times 0,0234 = 25611 \text{ orang/hari}$$

Tabel 6 24 Matriks Sebaran Perjalanan

Zona	1	2	oi	Oi	Ei	Ai
1	25611	36761	62372	64029	1.0266	1
2	44320	10798	55118	53461	0.9699	1
dd	69931	47559	117490			
Dd	64935	52555		117490		
Ed	1	1				
Bd	1	1			1	

Lakukan pengulangan, hingga nilai $oi = Oi$, $dd = Dd$, $E_i = 1$

C. Tahap Pemilihan Moda

Pada tahap pemilihan moda, dilakukan perhitungan dengan memisahkan perjalanan berdasarkan moda yang digunakan, yaitu moda angkutan pribadi (mobil penumpang dan sepeda motor), dan moda angkutan umum.

$$P_P = \frac{1}{1 - e^{0,9638(C_U - C_P)} + 0,8678}$$

$$P_{SM} = \frac{1}{1 - e^{-0,5849(C_{MP} - C_{SM})} + 0,5103}$$

Maka :

$$P_{SM} = \frac{1}{1 - e^{-0,5849(C_{MP} - C_{SM})} + 0,5103}$$

dan

$$P_{SM} = \frac{1}{1 - e^{-0,5849(C_{MP} - C_{SM})} + 0,5103}$$

$$P_{MP} = P_P - P_{SM}, \text{ \& } P_U = 1 - (P_{MP} - P_{SM})$$

Dimana :

- P_p = Proporsi Kendaraan Pribadi (%)
- P_{SM} = Proporsi Kendaraan Sepeda Motor (%)
- P_{MP} = Proporsi Kendaraan Mobil Penumpang (%)
- P_U = Proporsi Kendaraan Umum (%)
- C_U = Biaya Perjalanan Kendaraan Umum (Rupiah per 10000)
- C_p = Biaya Perjalanan Kendaraan Pribadi (Rupiah per 10000)
- C_{SM} = Biaya Perjalanan Sepeda Motor (Rupiah per 10000)
- C_{MP} = Biaya Perjalanan Mobil Penumpang (Rupiah per 10000)

Berdasarkan data yang didapatkan dari Dinas Perhubungan Kota Solok, didapatkan biaya perjalanan per km untuk tiap moda adalah sebagai berikut :

Tabel 6 25 Biaya Perjalanan Per KM Untuk Tiap Moda

No.	Moda	Biaya Per km (Rp.)
1	Mobil Penumpang	300
2	Sepeda Motor	100
3	Angkutan Umum	500

Dengan menggunakan rumus proporsi pemilihan moda untuk masing – masing perjalanan, maka didapatkan proporsi moda berdasarkan jenisnya sebagai berikut:

Tabel 6 26 Proporsi Moda Berdasarkan Jenisnya

Proporsi Mobil Penumpang			Proporsi Sepeda Motor			Proporsi Kend Umum		
Zona	1	2	Zona	1	2	Zona	1	2
1	0,35	0,21	1	0,30	0,42	1	0,35	0,37
2	0,16	0,44	2	0,46	0,23	2	0,38	0,34

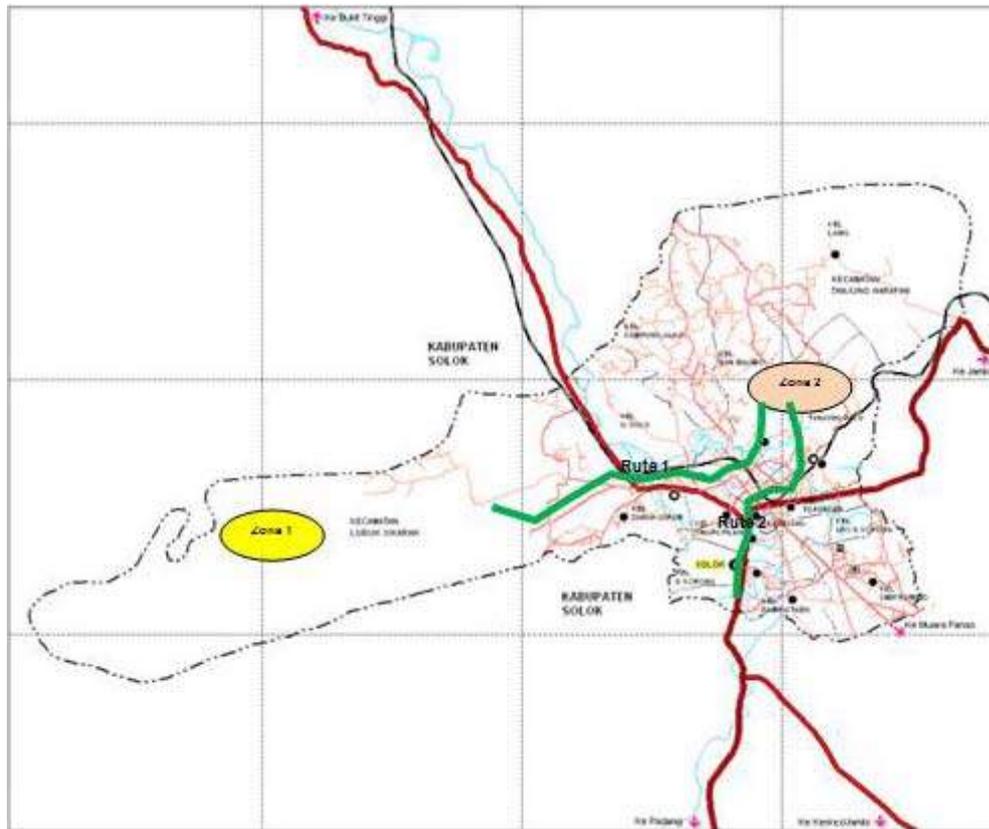
Sehingga berdasarkan pada proporsi orang menggunakan tiap moda untuk masing – masing perjalanan, didapatkan nilai Tid berdasarkan jenis modanya sebagai berikut :

Tabel 6 27 Nilai Tid Berdasarkan Jenis Modanya

Mobil Penumpang			Sepeda Motor			Angkutan Umum		
Zona	1	2	Zona	1	2	Zona	1	2
1	8964	5378	1	7683	10757	1	8964	9476
2	4098	11269	2	11781	5891	2	9732	8708

D. Tahap Pemilihan Rute

Sebagai contoh dilakukan analisis pemilihan rute untuk perjalanan **dari zona 1 ke zona 2** (T_{id}), dengan gambaran wilayah zona dan rute yang melayani seperti yang digambarkan oleh peta berikut :



Untuk melakukan analisis pada tahap pemilihan rute ini diperlukan data Karakteristik rute – rute yang menghubungkan zona 1 ke zona 2, seperti berikut :

Rute	Panjang (Km)	To (Menit)	ITP*	Kapasitas** (Kend/jam)
1	3,5	9	0,3	2400
2	3,0	7	0,3	2000

* nilai ITP berdasarkan perhitungan pada pedoman = 0,4 – 0,6

** kapasitas jalan berdasarkan data kinerja jalan Kota Solok

Fungsi Persamaan Permintaan Perjalanan (*Demand Function*)

$$P_1 = 32645 \times 80 \% = 26116 \text{ orang}$$

$$P_{1MP} = 26116 \times 0,21 = 5484 \text{ orang} \div 3 = 1828 \text{ kendaraan}$$

$$P_{1SM} = 26116 \times 0,42 = 10969 \text{ orang} \div 2 = 5484 \text{ kendaraan}$$

$$\begin{aligned}
P_{1 \text{ umum}} &= 26116 \times 0,37 = 9663 \text{ orang} \div 6 = 1611 \text{ kendaraan} \\
P_{1 \text{ (total)}} &= 1828 + 5484 + 1611 = 8923 \text{ kendaraan} \\
A_{2 \text{ MP}} &= 5378 \text{ orang} \div 3 = 1793 \text{ kendaraan} \\
A_{2 \text{ SM}} &= 10757 \text{ orang} \div 2 = 5379 \text{ kendaraan} \\
A_{2 \text{ umum}} &= 9476 \text{ Orang} \div 6 = 1579 \text{ kendaraan} \\
A_{2 \text{ (Total)}} &= 1793 + 5379 + 1579 = 8751 \text{ kendaraan}
\end{aligned}$$

Maka, *demand function* yang digunakan :

$$\begin{aligned}
Q_{12} &= \frac{P_1 \times A_2}{T_{12}} \times 0,0025 \\
Q_{12} &= \frac{8923 \times 8751}{T_{12}} \times 0,0025 \\
T_{12} &= \frac{195212}{Q_{12}}
\end{aligned}$$

Fungsi Persamaan Penyediaan Perjalanan (*Supply function*):

$$\begin{aligned}
T_Q &= T_o \times \left[\frac{1 - (1 - a)x \frac{Q}{C}}{1 - \frac{Q}{C}} \right] \\
T_1 &= 9 \times \left[\frac{1 - (1 - 0,3)x \frac{Q}{2400}}{1 - \frac{Q}{2400}} \right] = 9x \left[\frac{2400 - 0,7Q}{2400 - Q} \right] \\
T_2 &= 7 \times \left[\frac{1 - (1 - 0,3)x \frac{Q}{2000}}{1 - \frac{Q}{2000}} \right] = 7x \left[\frac{2000 - 0,7Q}{2000 - Q} \right]
\end{aligned}$$

Sehingga persamaan *supply = demand* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
T_1 + T_2 &= \frac{195212}{Q_{12}} \\
9 \times \left[\frac{2400 - 0,6Q}{2400 - Q} \right] + 7 \times \left[\frac{2000 - 0,6Q}{2000 - Q} \right] &= \frac{195212}{Q} \\
9,6Q^3 - 251692Q^2 + 934800000Q - 937000000000 &= 0
\end{aligned}$$

didapat :

$$Q_1 = 21986,6 \text{ kend / jam}$$

$$Q_2 = 1824 \text{ kend / jam (memenuhi)}$$

$$Q_3 = 2207 \text{ kend / jam (memenuhi)}$$

Sehingga dengan diketahuinya nilai *flow* untuk masing – masing rute, maka didapatkan nilai waktu tempuh setiap rute yang dijabarkan pada tabel berikut :

Rute	Kapasitas (Kend/jam)	Flow (Q) (Kend/jam)	
		Hasil Model	Kondisi Nyata
1	2400	2207	2175
2	2000	1824	1724

Dapat diambil kesimpulan, bahwa model transportasi kota kecil valid, berdasarkan nilai hasil pemodelan dengan kondisi nyata hampir mendekati dengan tingkat akurasi rata-rata 96,36%.





13. KESIMPULAN HASIL ANALISIS

Model Sederhana Bangkitan Perjalanan untuk Kota Kecil :

$$O = 5492,6039 + 1793.129P$$

Dengan :

O = Total Perjalanan Bangkitan (perjalanan orang/hari)

P = Jumlah Penduduk (orang/1000)

Dalam Model ini, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,584. Dengan kata lain hal ini menunjukkan bahwa besar pergerakan bangkitan yang bisa dijelaskan dari variabel bebas Jumlah penduduk dan seperjumlah penduduk sebesar 58. 4%, sedangkan sisanya sebesar 41,6% dijelaskan oleh sebab-sebab lain diluar model.

Model Sederhana Tarikan Perjalanan untuk kota kecil :

$$D = 1838.036P + 4932.262$$

Dengan :

D = Total Perjalanan Tarikan (perjalanan orang/hari)

P = Jumlah Penduduk (orang/1000)

Nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0.673. Dengan kata lain hal ini menunjukkan bahwa besar pergerakan tarikan yang bisa dijelaskan dari variabel bebas yaitu Variabel jumlah penduduk dengan pangkat dua dari jumlah penduduk, sebesar 67,3%, sedangkan sisanya sebesar 32,7% dijelaskan oleh sebab-sebab lain diluar model.

Model Distribusi dengan model gravity untuk kota Kecil :

Model production constrained gravity model dengan fungsi hambatan ($C_{id}^{-\hat{\alpha}} \cdot (\exp(-\hat{\alpha} \cdot C_{id}))$) adalah :

$$(C_{id}^{2,1578}) \cdot (\exp(-0,0121 \cdot C_{id})) \quad \text{dengan nilai RMSE} = 3.328,98$$

Model Pemilihan Moda untuk kota Kecil :

Model pemilihan moda untuk moda motor, mobil dan angkutan umum untuk perjalanan kota kecil sebagai berikut :

$$P_P = \frac{1}{1 - e^{0,9638(C_U - C_P) + 0,8678}}$$

$$P_{SM} = \frac{1}{1 - e^{-0,5849(C_{MP} - C_{SM}) + 0,5103}}$$

Maka :

$$P_{SM} = \frac{1}{1 - e^{-0,5849(C_{MP} - C_{SM}) + 0,5103}}$$

$$P_{MP} = P_P - P_{SM}, \text{ dan}$$

$$P_U = 1 - (P_{MP} - P_{SM})$$

Dimana :

- P_P = Proporsi Kendaraan Pribadi (%)
- P_{SM} = Proporsi Kendaraan Sepeda Motor (%)
- P_{MP} = Proporsi Kendaraan Mobil Penumpang (%)
- P_U = Proporsi Kendaraan Umum (%)
- C_U = Biaya Perjalanan Kendaraan Umum (Rupiah per 10000)
- C_P = Biaya Perjalanan Kendaraan Pribadi (Rupiah per 10000)
- C_{SM} = Biaya Perjalanan Sepeda Motor (Rupiah per 10000)
- C_{MP} = Biaya Perjalanan Mobil Penumpang (Rupiah per 10000)

Model Pemilihan Rute Untuk Kota Kecil

$$T_Q = T_o \times \left[\frac{1 - (1 - a) \times \frac{Q}{C}}{1 - \frac{Q}{C}} \right]$$

Dengan :

T_Q = Waktu tempuh pada kondisi volume = Q;

T_o = Waktu tempuh pada kondisi Q=0;

Q = Arus (kend/jam);

C = Kapasitas (kend/jam);

a = Indeks tingkat pelayanan (ITP), nilai a = 0,3

Model pemilihan rute untuk kota kecil adalah sebagai berikut :

$$T_Q = T_o \times \left[\frac{1 - 0,7 \times \frac{Q}{C}}{1 - \frac{Q}{C}} \right]$$

Validasi Model Transportasi Kota Kecil

Rute	Kapasitas (Kend/jam)	Flow (Q) (Kend/jam)	
		Hasil Model	Kondisi Nyata
1	2400	2207	2175
2	2000	1824	1724

Model transportasi kota kecil valid, berdasarkan nilai hasil pemodelan dengan kondisi nyata hampir mendekati dengan tingkat akurasi rata-rata 96,36%.

CATATAN:



CATATAN:

