

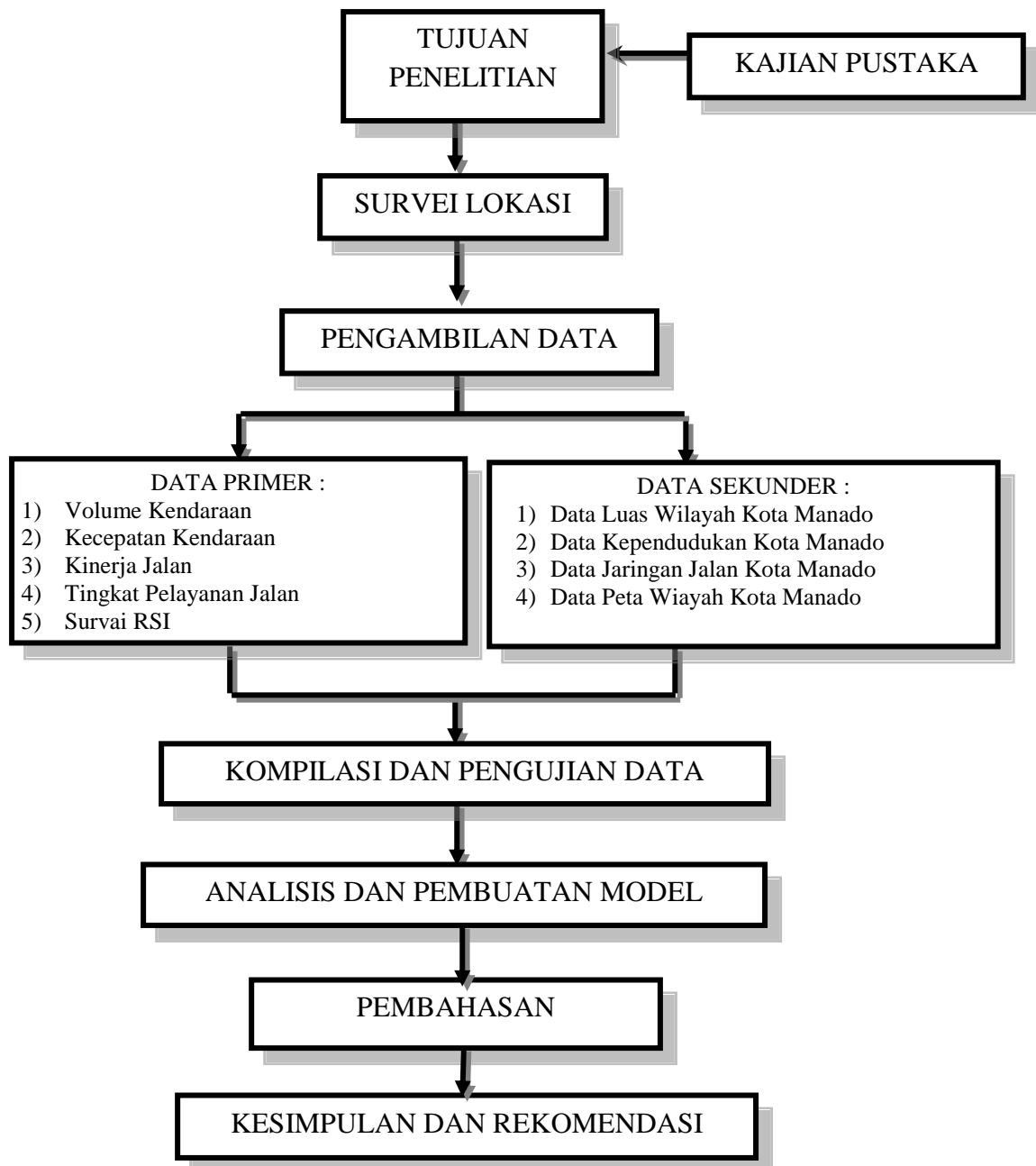
## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1. Tahapan Penelitian**

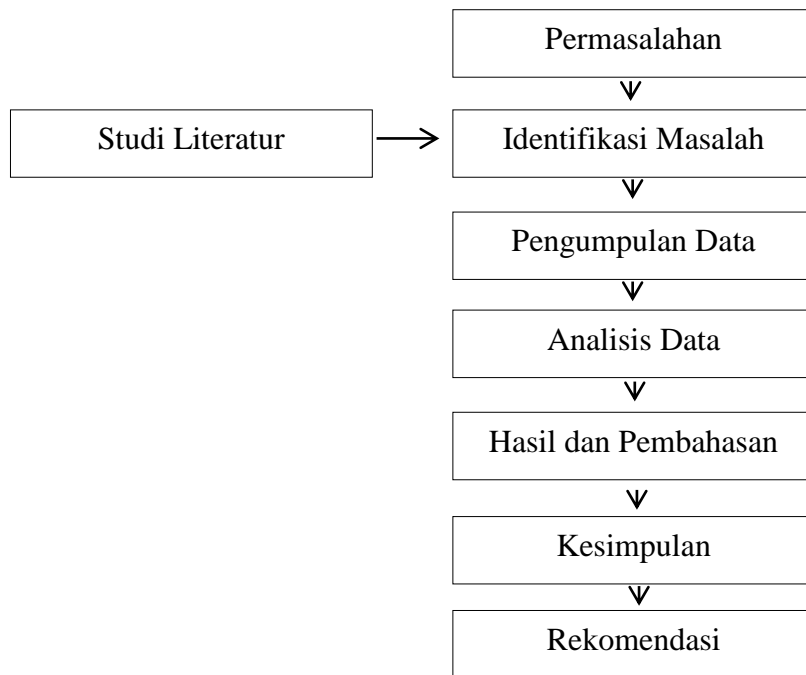
Penelitian ini merupakan jenis penelitian survei dan observasi di lapangan secara langsung. Penelitian dirancang dengan beberapa tahapan mulai tahap penyusunan angket pendahuluan, pengumpulan dan kompilasi data lapangan, analisis data, hingga penyusunan laporan penelitian. Berikut beberapa tahapan dalam penelitian disertasi ini :

- 1) Data jaringan jalan di kota Manado (Data Sekunder).
- 2) Data Volume Lalu Lintas jaringan jalan pada titik-titik akses ruas jalan akses masuk dan keluar Kota Manado (Data Primer).
- 3) Data Kecepatan Lalu Lintas jaringan jalan pada titik-titik akses ruas jalan akses masuk dan keluar di kota Manado (Data Primer).
- 4) Model Grafis yang menggambarkan matriks asal tujuan dengan zonanya adalah titik-titik akses ruas jalan akses masuk dan keluar Kota Manado.
- 5) Data Survei Asal Tujuan Angkutan Barang dari hasil Wawancara Tepi Jalan (Road Side Interview).
- 6) Merumuskan karakteristik lalu lintas dan pola asal tujuan angkutan barang di Kota Manado.
- 7) Merumuskan model pengaruh persepsi kemacetan lalu lintas terhadap pemilihan rute angkutan barang di Kota Manado.
- 8) Merumuskan usul rekomendasi penanganan dan strategi pemilihan rute angkutan barang pada masa yang akan datang.

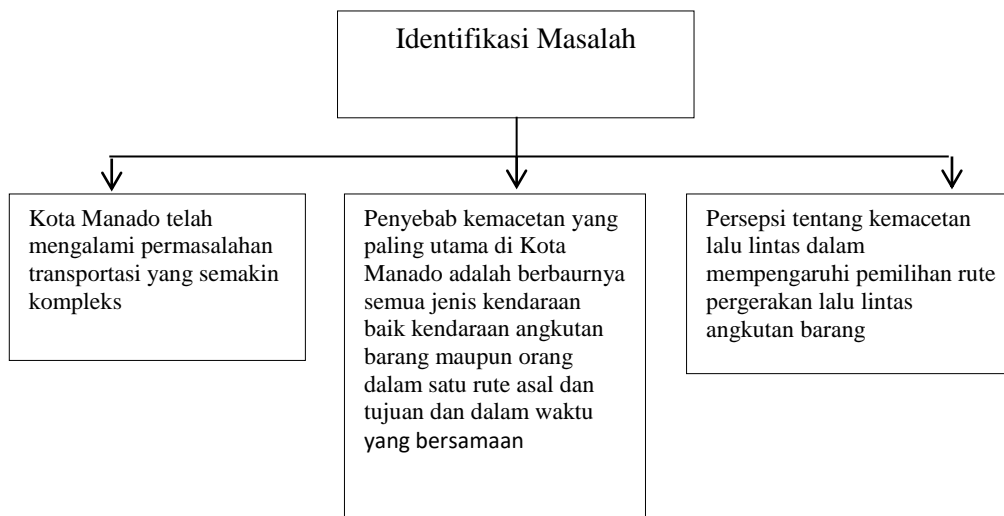


**Gambar 4.1** Bagan Alir Analisis Penelitian

*Sumber : Hasil Analisa, 2016*

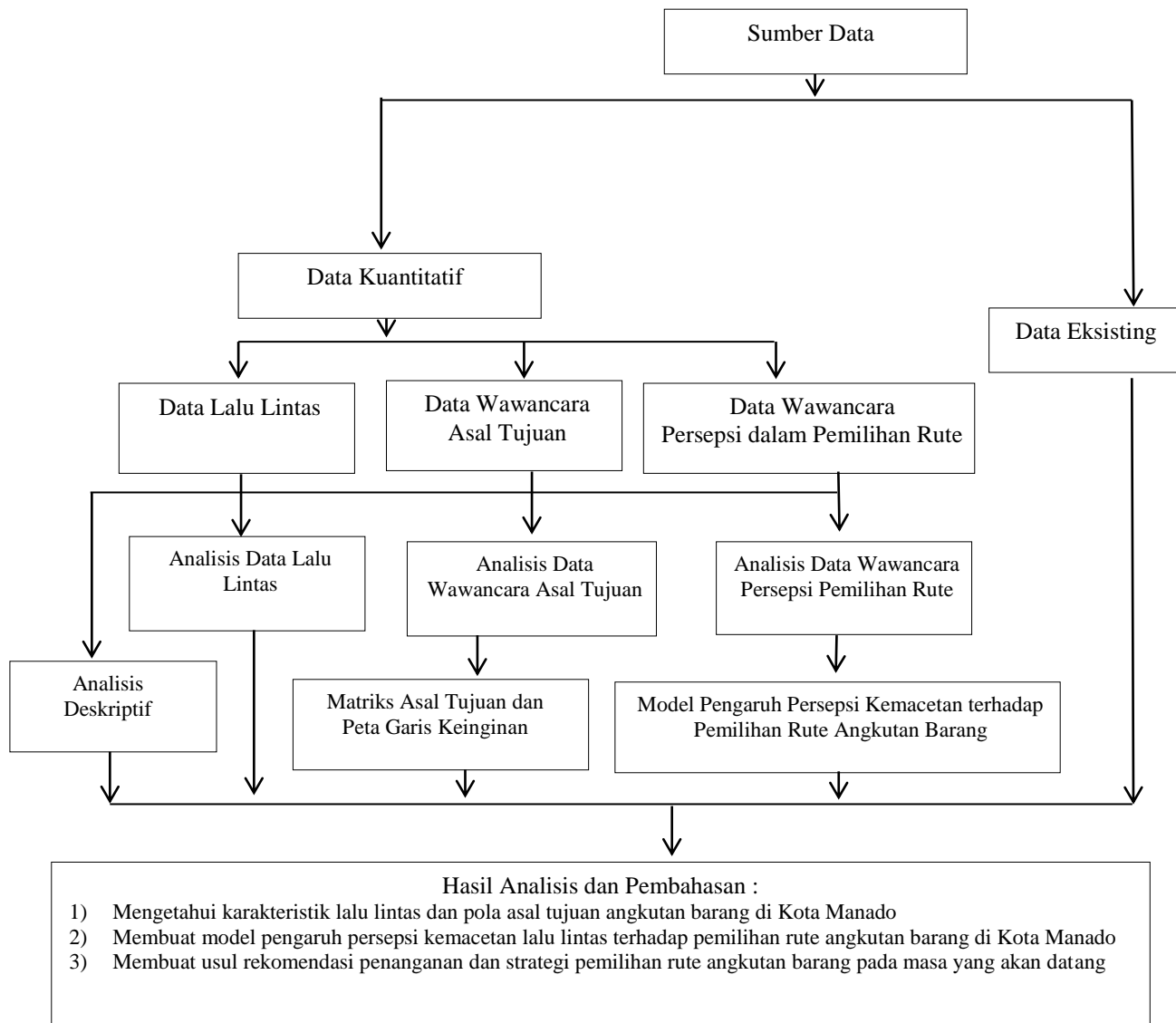


**Gambar 4.2.** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 4.3.** Diagram Alir Identifikasi Masalah

*Sumber : Hasil Analisa, 2016*



**Gambar 4.4.** Diagram Alir Analisis Data / Pemodelan

*Sumber : Hasil Analisa, 2013*

#### 4.2. Survei Pendahuluan

Pelaksanaan survei pendahuluan ini dilakukan menjelang atau sebelum survei sebenarnya dilakukan. Survei pendahuluan bertujuan untuk meninjau beberapa hal yang terdapat di lapangan. Beberapa hal yang perlu ditinjau tersebut adalah sebagai berikut:

1. Gambaran visual mengenai situasi dan kondisi jalan.
2. Penentuan tempat/titik pengambilan data lapangan yang sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian serta sesuai dengan metode penelitian yang digunakan sehingga dapat dijadikan sebagai tempat/titik penelitian yang representatif.
3. Menaksir mutu dan jumlah sampel yang dibutuhkan.

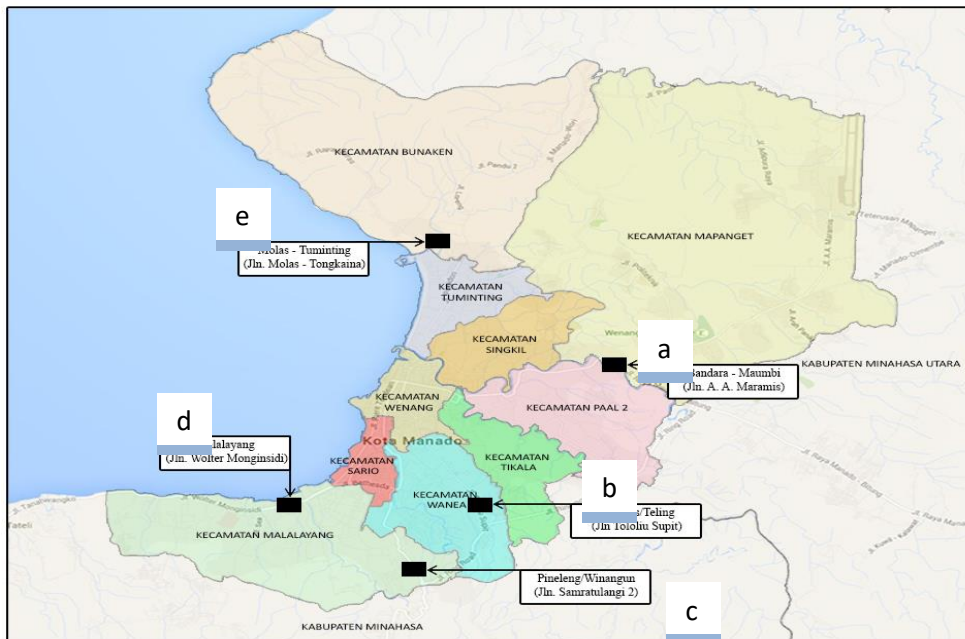
### **4.3. Studi Literatur**

Dalam suatu proses penelitian perlu dilakukan studi literatur. Studi literatur akan sangat membantu dalam proses penulisan nantinya. Literatur yang mendukung dan sangat dibutuhkan dalam penelitian ini, seperti teori-teori tentang persepsi, kemacetan jalan dalam sistem transportasi perkotaan, teori – teori tentang pemilihan rute, teori-teori tentang survei asal-tujuan, teori-teori tentang pemodelan, serta sumber-sumber yang bersifat ilmiah lainnya (jurnal, majalah, makalah, seminar, dan lain-lain) yang masih bersinggungan dengan pokok penelitian ini.

#### **4.3.1. Persiapan Lapangan**

Setelah dilakukannya survei pendahuluan dan studi literatur, kemudian survei lapangan dilakukan untuk pemilihan lokasi penelitian. Dalam menentukan lokasi penelitian perlu ditinjau beberapa kondisi lapangan untuk mendapatkan ruas jalan yang sesuai dengan kriteria pemilihan lokasi. Adapun kriteria tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Ruas jalan arteri maupun akses ruas jalan keluar dan masuk Kota Manado yang ditinjau tersebut harus memiliki lebar perkerasan yang memadai dan diasumsi dapat mewakili lalu lintas yang cukup ramai dan strategis bagi pengembangan kota yang berkelanjutan.
- 2) Kondisi perkerasan pada ruas jalan arteri maupun akses ruas jalan keluar dan masuk Kota Manado dalam keadaan baik.
- 3) Lokasi pengambilan data sampel penelitian merupakan titik-titik akses masuk dan keluar Kota Manado seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.5. berikut:
  - a) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Kairagi (Jln A. A Maramis),
  - b) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Teling (Jln Tololiu Supit),
  - c) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Winangun ( Jln Citra Land),
  - d) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Malalayang (Jln Manibang), serta
  - e) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Tuminting (Jln Bailang Raya-Tuminting)



**Gambar 4.5.** Lokasi Pengambilan Data Sampel Penelitian Dalam Peta Kota Manado

#### 4.3.2. Periode Dan Peralatan Survei

Untuk mendapatkan data kecepatan dan volume lalu lintas yang bervariasi, maka perlu dilakukan survei selama beberapa hari dan dalam beberapa jam pengamatan. Pada penelitian ini, survei dilakukan di 5 (lima) titik survei akses masuk dan keluar (*gate*) Kota Manado, dengan masing-masing titik survei dilakukan selama 3 (tiga) hari yakni pada hari senin, rabu dan kamis. Dalam setiap hari survei, pengamatan dilakukan selama 16 (enam belas) jam yakni dari pukul 06.00 sampai pukul 22.00. Dalam penelitian ini pula diperlukan alat-alat yang menunjang proses survei, adapun alat-alat yang digunakan dalam survei ini adalah sebagai berikut :

1. *Handy Cam* & tripod, digunakan untuk merekam arus lalu lintas pada titik-titik survei
2. Kabel RCA
3. Kabel Roll
4. Alat pelengkap (meteran, meja, jas hujan, tenda, senter, alat tulis, kamera digital)
5. Pelindung alat dan sambungan kabel (plastik transparan, tas kresek, lakban, plastik bening)
6. Satu buah meteran atau pita ukur, digunakan untuk mengukur jarak serta lebar dari ruas jalan yang akan diamati.
7. Cat untuk memberi garis tanda

### **4.3.3. Survei Volume Lalu Lintas**

Dalam penelitian kali ini survei volume lalu-lintas harian rata-rata kendaraan (LHR) dilakukan di 5 (lima) titik-titik akses masuk dan keluar Kota Manado. Perekaman data LHR dilakukan menggunakan kamera video sebagai alat bantu dalam merekam data lalu lintas kendaraan yang melewati titik pengamatan tertentu pada akses masuk dan keluar Kota Manado. Kemudian dengan menyaksikan data rekaman pada video, pengamat mencatat pada lembar form survei jumlah kendaran dan dihitung gerak kendaraan yang melewati titik tertentu pada akses masuk dan keluar Kota Manado tersebut dengan mengelompokkan kendaraan atas jenisnya yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (MV) yang juga dipisah menjadi angkutan barang dan angkutan orang, sepeda motor (MC) dan Kendaraan tak bermotor (UM) dalam suatu interval waktu tertentu (15 menit).

### **4.3.4. Survei Kecepatan Kendaraan**

Pengambilan data kecepatan kendaraan dilakukan dari hasil rekaman video handycam yang rekaman videonya sama dengan saat pengambilan data volume lalu lintas. Penghitungan kecepatan kendaraan dilakukan dengan alat bantu stopwatch yang dapat di split waktunya sehingga data kecepatan kendaraan yang disurvei tersebut bisa diperoleh lebih dari 1 (satu) dan kemudian diambil rata-ratanya. Dengan cara seperti ini dapat mengurangi ketidak akuratan dari pada data yang diperoleh.

Pada penelitian ini, sebelum rekaman dimulai batas lintasan awal dan akhir kendaraan ditandai dengan cat yang tegak lurus dengan badan jalan, hal ini dicatat sebagai data jarak. Lokasi penandaan lintasan ditentukan sedemikian rupa sehingga masih dalam jangkauan sasaran/cakupan kamera handycam. Pada penelitian ini proses penghitungan kecepatan diambil sebanyak 10 data dan kemudian diambil rata-ratanya. Dengan cara yang sangat mudah kecepatan sesaat dari pada kendaraan dapat dihitung dengan membagi antara jarak lintasan dengan waktu melintas. Karena hasil perhitungan awal masih dalam satuan meter perdetik maka perlu dikonversi ke dalam satuan km perjam.

### **4.3.5. Survei Asal - Tujuan (Origin-Destination Survey) Dan Pemilihan Rute Khusus Kendaraan Angkutan Barang**

Survei OD bertujuan untuk mendapatkan arus atau besarnya pergerakan dari lokasi asal ke tujuan dalam ruang lingkup wilayah studi sedangkan survei pemilihan rute untuk mendapatkan data rute mana yang akan dilalui berdasarkan kriteria kemacetan.

Besarnya pergerakan menunjukkan besarnya kebutuhan transportasi khususnya dalam hal ini transportasi angkutan barang. Survei Asal tujuan akan menghasilkan Matrik Asal-Tujuan (MAT). Lingkup wilayah Survei Asal-Tujuan adalah tingkat lokal Kota Manado. Objek yang di survei pada Survei Asal Tujuan ini adalah pergerakan semua jenis kendaraan angkutan barang. Metoda Survei yang digunakan adalah Metoda Wawancara Pinggir Jalan (*Road Side Interview*) dengan responden para supir angkutan barang.

Survei pemilihan rute juga yang menjadi sasar respondennya adalah sopir angkutan barang dengan Metoda Wawancara Pinggir Jalan (*Road Side Interview*). Data survei pemilihan rute merupakan data statistik dan akan diolah dengan menggunakan program aplikasi komputer yang berbasis statistik. Keluaran dari program aplikasi ini adalah model dalam bentuk persamaan matematika. Persamaan tersebut akan menggambarkan seberapa besar pengaruh dan probabilitas variabel pengaruh dalam hal ini kemacetan lalu lintas terhadap pemilihan rute.

#### 1) Pokok Survei

- Wawancara tepi jalan (*Road Side Interview*)

#### 2) Metode Survei

- Survei wawancara tepi jalan (*Road Side Interview*) asal-tujuan dan pemilihan rute dilakukan untuk mengumpulkan informasi-informasi berikut:

- (1) Waktu survei
- (2) Jenis kendaraan (semua kendaraan angkutan barang dengan tidak memisahkan jenis kendaraan dan muatannya)
- (3) Asal & Tujuan Perjalanan
- (4) Maksud dan Tujuan Perjalanan
- (5) data pilihan rute

Informasi di atas dikumpulkan melalui survei wawancara tepi jalan pada kendaraan angkutan barang yang bekerja sama dengan petugas Kepolisian Jalan Raya (PJR). Klasifikasi kendaraan tidak dikategori seperti pada survei penghitungan volume lalu lintas. Survei wawancara tersebut harus berjalan lancar di semua titik tempat survei tanpa menimbulkan kemacetan dan kecelakaan atau masalah lain di bawah pengawasan yang memadai dari petugas Kepolisian.

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara survei lapangan, sedangkan data sekunder didapatkan



dari instansi yang berwenang dalam penentuan kebijakan transportasi seperti Dinas Perhubungan dan Pemerintah Daerah.

Data primer yang diperlukan untuk analisis adalah: data asal tujuan angkutan barang untuk mengetahui pola pergerakannya dan data pemilihan rute

Data yang diperoleh dari hasil survei diharapkan dapat memberikan gambaran tentang keadaan yang ada di lapangan, sehingga data ini dapat dimanfaatkan untuk keperluan analisis pola pergerakan kendaraan angkutan barang serta kebijakan dalam pemilihan rute akibat kemacetan.

#### **4.3.5.1. Persiapan Survei Lalu Lintas**

Sebelum survei dilakukan terlebih dahulu dilakukan persiapan untuk mengetahui kondisi lapangan yang sebenarnya serta dapat mempermudah mendapatkan petunjuk tentang survei yang akan dilakukan. Hal ini akan mempermudah pengisian formulir survei yang akan digunakan serta pembuatan jadwal survei, kemudian dilanjutkan dengan membuat perencanaan detail survei. Adapun lokasi yang dijadikan sebagai titik survei adalah seperti terlihat pada gambar 4.5.

- 1) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Kairagi (Jln A. A Maramis),
- 2) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Teling (Jln Tololiu Supit),
- 3) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Winangun ( Jln Citra Land),
- 4) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Malalayang (Jln Manibang), serta
- 5) Akses Masuk Dan Keluar Kota Manado di Tuminting (Jln Bailang Raya-Tuminting)

#### **4.3.5.2. Pelaksanaan survei**

Untuk kelancaran pelaksanaan survei perlu menentukan kendala – kendala apa saja yang mungkin akan terjadi baik tenaga kerja, material, peralatan maupun yang lainnya. Kemudian semua petugas dan peralatan harus dapat menyesuaikan dengan metode dan kondisi lapangan yang ada, kebutuhan terhadap logistik, dan lain – lain.

#### **4.3.5.3. Tenaga Surveyor dan Briefing**

Survei asal – tujuan angkutan barang menggunakan tenaga surveyor sebanyak 4 (empat) orang surveyor untuk mewawancarai pengendara / supir angkutan barang dalam 2 (dua) arah di satu titik survei. Pelaksanaan survei dilakukan secara serentak di 5 (lima) titik

survei Akses Masuk Keluar Kota Manado. Sebelum survei dilaksanakan, terlebih dahulu diadakan pengarahan kepada petugas lapangan (surveyor) oleh Koordinator Survei yang berpengalaman untuk menjaga ketertiban dan kelancaran arus lalu lintas.

#### **4.3.5.4. Formulir dan Peralatan**

Untuk keperluan survei asal tujuan dan pemilihan rute angkutan barang, bentuk formulir didesain sedemikian rupa sehingga mampu mengcover semua jenis data yang diperlukan untuk menjawab maksud dan tujuan penelitian yaitu bagaimana pola pergerakan lalu lintas dan data tentang pemilihan rute angkutan barang . Sementara peralatan survei yang disediakan adalah sebagai berikut :

- Formulir survei asal tujuan dan pemilihan rute angkutan barang ( Lihat Lampiran)
- Clif Board
- Ballpoint
- Pensil
- Penghapus
- Kamera

### **4.4. Metode Analisa Data**

#### **4.4.1. Proses Pencacahan Data Volume Lalu Lintas**

Volume lalu lintas merupakan salah satu karakteristik dasar lalu lintas yang merupakan dasar dalam penentuan desain jalan, penentuan tingkat pertumbuhan lalu lintas, analisis kecelakaan, perencanaan jaringan, pendanaan dan sebagainya. Pengolahan data yang paling utama adalah mengagregasi data hasil survai sesuai dengan kebutuhan analisis lebih lanjut yaitu; Kendaraan Ringan, Kendaraan Angkutan Barang, Kendaraan Angkutan Penumpang, Sepeda Motor dan Kedaraan Tak Bermotor. Hasil olahan data lalu lintas dalam bentuk grafik sangat membantu terutama dalam memberikan gambaran mengenai fluktuasi volume lalu lintas yang terjadi. Jenis grafik yang digunakan yaitu berupa grafik kurva/garis.

#### **4.4.2. Proses Analisis Pola Pergerakan Angkutan Barang**

Dalam analisis pola pergerakan angkutan barang di Kota Manado akan dilihat berdasarkan hasil kajian survey asal tujuan kendaraan angkutan barang oleh pengguna dalam hal ini supir angkutan barang, dimana pola pergerakannya dapat dihasilkan melalui

suatu Matriks Asal Tujuan (MAT) yang dibebankan ke dalam suatu sistem jaringan transportasi.

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

#### 4.4.3. Proses Pembentukan Model Dengan Analisa Regresi

Dalam menganalisis pembentukan model pengaruh persepsi kemacetan lalu lintas terhadap pemilihan rute angkutan barang di Kota Manado terlebih dahulu dilakukan survei dengan metode survei tepi jalan (Road Side Interview) dengan sasaran responden adalah supir kendaraan angkutan barang.

Diawali dengan membuat rumusan hipotesa penelitian yaitu:

1. Besarnya pengaruh persepsi kemacetan lalu lintas terhadap pemilihan rute angkutan barang di Kota Manado ditentukan oleh **Jarak Tempuh**
2. Besarnya pengaruh persepsi kemacetan lalu lintas terhadap pemilihan rute angkutan barang di Kota Manado ditentukan oleh **VCR**
3. Besarnya pengaruh persepsi kemacetan lalu lintas terhadap pemilihan rute angkutan barang di Kota Manado ditentukan oleh **Waktu Tempuh**
4. Besarnya pengaruh persepsi kemacetan lalu lintas terhadap pemilihan rute angkutan barang di Kota Manado ditentukan oleh **Komposisi Angkutan Barang**
5. Besarnya pengaruh persepsi kemacetan lalu lintas terhadap pemilihan rute angkutan barang di Kota Manado ditentukan secara bersama-sama atau simultan oleh **Jarak Tempuh, VCR, Waktu Tempuh dan Komposisi Angkutan Barang**.

Dari serangkaian data survei wawancara persepsi kemacetan dalam pemilihan rute akan dilakukan Analisis Regresi Logistik Multinomial dengan menggunakan program aplikasi komputer yang berbasis statistik.

#### 4.4.4. Metode Analisa Regresi Logistik Multinomial

Dalam regresi linear diasumsikan bahwa mean dinyatakan sebagai persamaan linier dalam  $x$  sebagai berikut :

$$E(Y|x) = \beta_0 + \beta_1 x \dots\dots\dots (4.1)$$

Sedangkan dalam regresi logistik, digunakan  $\pi(x) = E(Y|x)$  untuk merepresentasikan *conditional mean* dari  $Y$  oleh  $x$ . Bentuk spesifik dari model regresi logistik yang digunakan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\pi(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x)} \dots\dots\dots (4.2)$$

Sebagai bentuk penyederhanaan persamaan (4.2) tersebut maka digunakan transformasi logit  $\pi(x)$ . Bentuk logitnya adalah:

$$g(x) = \ln \left[ \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right] = \beta_0 + \beta_1 x \dots\dots\dots (4.3)$$

Menurut Fahrmeir dan Tutz (1994), pada distribusi multinomial untuk variabel tidak bebas ( $Y$ ) terdapat lebih dari 2 kategori. Misalkan variabel  $Y$  mempunyai nilai  $k$  yang mungkin, dimana digunakan label  $1, 2, \dots, k$  untuk penyederhanaan. Jika  $Y \in \{1, 2, \dots, k\}$  maka terdapat variabel random yang mempunyai nilai sebesar  $k$  kemungkinan. Untuk memudahkan interpretasi, digunakan variabel *dummy*  $y' = (\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_q)$  dengan  $q = k-1$ .

Di dalam  $y$  terdapat nilai  $Y = r$  sehingga dapat ditulis :

$$\tilde{y}_r = \begin{cases} 1 & \text{jika } Y = r; r = 1, 2, \dots, q \\ 0 & \text{untuk yang lain} \end{cases}$$

$$y = (0, \dots, 1, \dots, 0)$$

Hubungan probabilitas secara sederhana dapat ditulis  $P(Y = r) = P(y_r = 1)$  dengan variabel respon  $Y$  yang bernilai  $r$  dengan variabel *dummy*  $y = (0, \dots, 1, \dots, 0)$ . Misal terdapat  $m$  penulangan independen  $y_1, y_2, \dots, y_m$  yang merupakan suatu variabel respon sebagai jumlahan percobaan dimana didapatkan hasil  $r$  untuk pengulangan  $(y_1, y_2, \dots, y_m)$  maka didapatkan jumlah vektor  $y = \sum_{i=1}^m \tilde{y}_1 \cdot \tilde{y}$  adalah distribusi multinomial yang fungsi distribusinya adalah sebagai berikut.

$$P(y = (m_1, m_2, \dots, m_q)) = \frac{m!}{m_1! \dots m_q! (m - m_1 - \dots - m_q)!} \cdot \pi_1^{m_1} \dots \pi_q^{m_q} (1 - \pi_1 - \dots - \pi_q)^{m - m_1 - \dots - m_q} \dots\dots\dots (4.4)$$

dengan  $\pi_q = P(Y_i = r)$  dimana  $i = 1, \dots, m$  dan  $\sum_{j=1}^q m_j = m$ . Sehingga distribusi multinomial dari  $y$  dapat ditulis:

$$y \sim M(m, \pi) \text{ dengan } \pi' = (\pi_1 \dots \pi_q) \dots\dots\dots (4.5)$$

Regresi logistik multinomial merupakan regresi logistik yang digunakan saat variabel dependen mempunyai skala yang bersifat *polichotomus* atau multinomial. Skala multinomial adalah suatu pengukuran yang dikategorikan menjadi lebih dari dua kategori.

Mengacu pada regresi logistik *trichotomous* untuk model regresi dengan variabel dependen berskala nominal tiga kategori digunakan kategori variabel hasil Y dikoding 0,1 dan 2. Variabel Y terparameterisasi menjadi dua fungsi logit. Sebelumnya perlu ditentukan kategori hasil mana yang digunakan untuk membandingkan. Pada umumnya digunakan Y=0 sebagai pembanding. Untuk membentuk fungsi logit, akan dibandingkan Y=1 dan Y=2 terhadap Y=0. Bentuk model regresi logistik dengan pp variabel prediktor seperti persamaan berikut:

$$\pi(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p)} \dots\dots\dots (4.6)$$

Dengan menggunakan transformasi logit akan didapatkan dua fungsi logit sebagai berikut.

$$g_1(x) = \ln \left[ \frac{P(Y = 1|x)}{P(Y = 0|x)} \right] \dots\dots\dots (4.7)$$

$$= \beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \beta_{12}x_2 + \dots + \beta_{1p}x_p \dots\dots\dots (4.8)$$

$$= x'\beta_1 \dots\dots\dots (4.9)$$

$$g_2(x) = \ln \left[ \frac{P(Y = 2|x)}{P(Y = 0|x)} \right] \dots\dots\dots (4.10)$$

$$= \beta_{20} + \beta_{21}x_1 + \beta_{22}x_2 + \dots + \beta_{2p}x_p \dots\dots\dots (4.11)$$

$$= x'\beta_2 \dots\dots\dots (4.12)$$

Berdasarkan kedua fungsi logit tersebut maka didapatkan model regresi logistic *trichotomous* sebagai berikut.

$$\pi_0(x) = \frac{1}{1 + \exp g_1(x) + \exp g_2(x)} \dots\dots\dots (4.13)$$

$$\pi_1(x) = \frac{\exp g_1(x)}{1 + \exp g_1(x) + \exp g_2(x)} \dots\dots\dots (4.14)$$

$$\pi_2(x) = \frac{\exp g_2(x)}{1 + \exp g_1(x) + \exp g_2(x)} \dots\dots\dots (4.15)$$

dengan  $P(Y=j | x) = \pi_j(x)$  untuk  $j = 0,1,2$ .

**4.4.5. Estimasi Parameter**

Banyak metode yang dapat digunakan untuk menaksir  $\beta$ , salah satunya adalah metode *maximum likelihood estimation* (MLE). Dugaan maksimum *likelihood* untuk  $\beta$  diperoleh dengan iterasi Newton Raphson. Penduga parameter maksimum merupakan penduga yang konsisten dan efisien untuk ukuran sampel yang besar. Estimasi maksimum *likelihood* merupakan pendekatan dari estimasi *weigthed least square* (WLS), dimana matrik pembobotnya berubah setiap putaran. Proses perhitungan estimasi maksimum *likelihood* ini disebut juga sebagai iteratif *reweigthed least square*.

Jika variabel respon dari pengamatan memiliki tiga kategori maka akan ada tiga kemungkinan *outcome* dan mempunyai distribusi *trichotomus* sehingga fungsi *likelihood*nya adalah sebagai berikut:

$$l(\beta) = \prod_{i=1}^n [\pi_0(x_i)^{y_{0i}} \pi_1(x_i)^{y_{1i}} \pi_2(x_i)^{y_{2i}}] \dots\dots\dots (4.16)$$

Dengan  $\sum_{j=0}^2 y_{ij} = 1$

$$L(\beta) = \sum_{i=1}^n \{Y_{1i}g_1(x_i) + Y_{2i}g_2(x_i)\} - \ln(1 + \exp(g_1(x_i)) + \exp(g_2(x_2))) \dots\dots\dots (4.17)$$

Dengan mendifferensialkan fungsi pada persamaan (4.16) (fungsi *ln-likelihood*) akan dihitung paramater-parameternya.

$$\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_{jk}} = \sum_{i=1}^n x_{ki} (Y_{ij} - \pi_{ij}) \dots\dots\dots (4.18)$$

Untuk j=1,2, dan k=1,2,...,p

Berdasarkan teori maximum *likelihood*, untuk mengestimasi varian skovarians diperoleh melalui turunan kedua fungsi *likelihood*nya.

$$\frac{\partial^2 L(\beta)}{\partial \beta_{jk} \partial \beta_{j'k'}} = - \sum_{i=1}^n x_{k'i} x_{ki} \pi_{ij} (1 - \pi_{ij}) \dots\dots\dots (4.19)$$

$$\frac{\partial^2 L(\beta)}{\partial \beta_{jk} \partial \beta_{j'k'}} = - \sum_{i=1}^n x_{k'i} x_{ki} \pi_{ij} \pi_{j'i} \dots\dots\dots (4.20)$$

untuk j,j'=1,2 dan k,k'=1,2,...,p

**4.4.6. Metode Newton Raphson**

Pada penaksiran parameter untuk persamaan nonlinier dengan *maximum likelihood* tidak mudah dilakukan. Oleh karena itu diperlukan metode iterasi Newton-Raphson yang

berprinsip mencari nilai parameter secara berulang-ulang sampai konvergen pada suatu nilai tertentu. Metode ini menggunakan rumus iterasi sebagai berikut:

$$\beta^{(t+1)} = \beta^{(t)} - (H^{(t)})^{-1}g^t \dots\dots\dots (4.21)$$

dengan nilai matriks

$$H^{(t)} = \frac{\partial^2 L(\beta)}{\partial \beta_a \partial \beta_b} = X'VX \dots\dots\dots (4.22)$$

$$g^{(t)} = \frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_a} = X(Y - \pi) \dots\dots\dots (4.23)$$

dimana harga elemen-  
matriksnya sebagai

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{array}{c|cccccc} 1 & x_{111} & x_{112} & x_{113} & x_{113} & \dots & x_{11p} \\ 1 & x_{121} & x_{122} & x_{123} & x_{123} & \dots & x_{12p} \\ : & & & & & & \\ 1 & x_{1n1} & x_{1n2} & x_{1n3} & x_{1n3} & \dots & x_{1np} \\ 1 & x_{2n1} & x_{212} & x_{213} & x_{213} & \dots & x_{21p} \\ : & & & & & & \\ 1 & x_{2n1} & x_{2n1} & x_{2n3} & x_{2n3} & \dots & x_{2np} \end{array}$$

elemen  
berikut

dan matriks varians kovariansnya adalah

$$v = \begin{bmatrix} v_1 & v_2 \\ v_2 & v_3 \end{bmatrix}$$

$$v_1 = \begin{array}{c|cccccc} \pi_{11}(1 - \pi_{11}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \pi_{12}(1 - \pi_{12}) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{1n}(1 - \pi_{1n}) \end{array}$$

$$v_2 = \begin{pmatrix} \pi_{11}\pi_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \pi_{12}\pi_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{1n}\pi_{2n} \end{pmatrix}$$

$$v_3 = \begin{pmatrix} \pi_{21}(1 - \pi_{21}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \pi_{22}(1 - \pi_{22}) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{2n}(1 - \pi_{2n}) \end{pmatrix}$$

Nilai parameter  $\beta$  akan didapatkan melalui iterasi terus menerus hingga mencapai kondisi konvergen  $c$  untuk setiap  $j$ .

$$|\beta_j^{(t+1)} - \hat{\beta}_j| \leq c |\beta_j^{(t)} - \hat{\beta}_j| \quad c > 0 \dots\dots\dots (4.24)$$

#### 4.4.7. Pengujian Parameter

Pengujian terhadap parameter model dilakukan sebagai upaya memeriksa peranan variabel independen terhadap model. Uji yang dilakukan ada dua yaitu:

- a. Pengujian parameter dengan uji likelihood ratio (uji simultan)

Statistik uji  $G$ , yaitu uji yang digunakan untuk menguji peranan variabel independen dalam model secara bersama-sama

Pengujian hipotesis yang dilakukan adalah:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$ , artinya tidak ada pengaruh antara sekumpulan variabel independen dengan variabel dependen.

$H_1$ : minimal ada satu  $\beta_j \neq 0$ , artinya minimal ada satu variabel independen yang berpengaruh terhadap variabel dependen.



Dengan statistik uji:

$$G = -2 \ln \left[ \frac{l_0}{l_k} \right] \dots\dots\dots (4.25)$$

Dimana  $l_0$  adalah likelihood tanpa variabel independen dan  $l_k$  adalah likelihood dengan variabel independen.

Statistik uji G ini mengikuti sebaran *chi squares* bila n mendekati tak terhingga dengan derajat bebas p dimana  $p = (r - 1)(c - 1)$ , r dan c masing-masing adalah banyaknya kategori pada variabel independen dan variabel dependen.  $H_0$  akan ditolak pada tingkat signifikansi  $\alpha$  apabila nilai  $G > \chi^2_{(p;\alpha)}$  atau *p-value*  $< \alpha$ , dengan kesimpulan bahwa variabel independen secara bersama-sama atau keseluruhan mempengaruhi variabel dependen, dapat juga dikatakan bahwa paling sedikit ada satu koefisien  $\beta_j \neq 0$ . Untuk mengetahui  $\beta_j$  mana yang berpengaruh signifikan, dapat dilakukan uji parameter  $\beta$  secara parsial dengan uji wald

b. Pengujian parameter dengan uji Wald (Uji parsial)

Pengujian variabel dilakukan satu per satu menggunakan statistik uji wald (hosmer & lemeshow, 1989). Uji ini dilakukan dengan membandingkan model terbaik yang dihasilkan oleh uji simultan terhadap model tanpa variabel bebas di dalam model terbaik. Hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut:

$H_0: \beta_j = 0$ , artinya tidak ada pengaruh antara variabel independen ke-j terhadap variabel dependen

$H_1: \beta_j \neq 0$ , artinya ada pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen.

Statistik ujinya adalah

$$W = \left[ \frac{\hat{\beta}_j}{Se(\hat{\beta}_j)} \right]^2 ; j = 1, 2, \dots, p \dots\dots\dots (4.26)$$

Dimana  $\hat{\beta}_j$  merupakan penduga dari  $\beta_j$  dan  $Se(\hat{\beta}_j)$  adalah penduga galat baku dari  $\beta_j$ . W diasumsikan mengikuti sebaran chi square dengan derajat bebas 1.  $H_0$  akan ditolak jika nilai  $W > \chi^2_{(1;\alpha)}$  atau *p-value*  $< \alpha$ . Jika  $H_0$  ditolak maka dapat disimpulkan bahwa  $\beta_j$  signifikan. Dengan kata lain, variabel independen X secara parsial berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

#### 4.4.8. Odds Ratio

*Odds Ratio* adalah ukuran yang memperkirakan berapa besar kecenderungan variabel-variabel independen terhadap variabel dependen. *Odds ratio* merupakan ukuran untuk mengetahui risiko kecenderungan untuk mengalami suatu kejadian tertentu antara kategori yang satu dengan yang lain dalam suatu variabel yang dinotasikan dengan  $\theta$ , didefinisikan sebagai rasio dari odds untuk  $x = 1$  terhadap  $x = 0$ . Dengan kata lain, risiko kecenderungan pengaruh observasi  $x = 1$  adalah  $m$  kali lipat risiko dibandingkan dengan observasi  $x = 0$ , atau risiko kecenderungan pengaruh observasi  $x = 0$  adalah  $1/m$  kali lipat dibandingkan dengan observasi  $x = 1$ .

*Odds rasio* untuk  $Y = j$  terhadap  $Y = k$  yang dihitung pada dua nilai (misal  $x = 1$  dan  $x = 0$ ) adalah:

$$\theta = \frac{P(Y = j|x = 1)/P(Y=k|x=1)}{P(Y = j|x = 0)/P(Y=k|x=0)} = \exp[\beta_j] \dots\dots\dots (4.27)$$

Untuk  $\theta = 0$  berarti bahwa  $x = 1$  memiliki kecenderungan yang sama dengan  $x = 0$  untuk menghasilkan  $Y = j$ . Jika  $1 < \theta < \infty$  berarti  $x = 1$  memiliki kecenderungan lebih besar  $\theta$  kali dibandingkan  $x = 0$  untuk menghasilkan  $Y = j$  dan sebaliknya untuk  $0 < \theta < 1$ .

**4.4.9. Interpretasi Model**

Interpretasi model pada regresi logistik biner ditampilkan pada tabel 2x2. Tabel *Odds Ratio 2x2* pada variabel respon *dichotomous* merupakan konsep yang dapat dikembangkan untuk *polichotomous*. Pada variabel respon *dichotomous* respon terbagi dalam dua kategori sedangkan pada *trichotomous* variabel respon terbagi dalam tiga kategori dan akan mempunyai *outcome* yang diberi nilai 0,1, dan 2. Maka untuk menjelaskan *odds ratio* pada variabel respon *trichotomous* dapat digunakan tabel 2x3 seperti tampak dibawah ini.

**Tabel 4.1.**  
Nilai Model Regresi Logistik bila Variabel y *Trichothomous*

	y=0	y=1	y=2
x=0	$\pi_0(1) = \frac{1}{1 + e^{\beta_{10}} + e^{\beta_{20}}}$	$\pi_1(1) = \frac{e^{\beta_{10}}}{1 + e^{\beta_{10}} + e^{\beta_{20}}}$	$\pi_2(1) = \frac{e^{\beta_{20}}}{1 + e^{\beta_{10}} + e^{\beta_{20}}}$
x=1	$\pi_0(1) = \frac{1}{1 + e^{\beta_{10} + \beta_{11}} + e^{\beta_{20} + \beta_{21}}}$	$\pi_1(1) = \frac{e^{\beta_{10} + \beta_{11}}}{1 + e^{\beta_{10} + \beta_{11}} + e^{\beta_{20} + \beta_{21}}}$	$\pi_2(1) = \frac{e^{\beta_{20} + \beta_{21}}}{1 + e^{\beta_{10} + \beta_{11}} + e^{\beta_{20} + \beta_{21}}}$

Dengan perlakuan yang sama seperti pada model *dichotomous*, didapatkan *odds ratio* sebagai berikut:

$$\psi_1 = \frac{\pi_1(1)/\pi_0(1)}{\pi_1(0)/\pi_0(1)} \dots\dots\dots (4.28)$$

$$\psi_2 = \frac{\pi_2(1)/\pi_0(1)}{\pi_2(0)/\pi_0(1)} \dots\dots\dots (4.29)$$

Nilai *odds ratio* digunakan untuk menunjukkan kecenderungan hubungan suatu variabel X terhadap variabel Y.