

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. PENDAHULUAN

Perkembangan transportasi dewasa ini di Indonesia khususnya di Pulau Jawa relatif sangat pesat, dan menuntut penyediaan prasarana dan sarana yang cukup memadai untuk melayaninya. Dalam kaitan ini, suatu metodologi perlu dikembangkan untuk menganalisis perkembangan kebutuhan transportasi yang mampu merepresentasikan keadaan yang sebenarnya secara kuantitatif, dan dapat digunakan untuk memberi masukan bagi penentuan kebijakan pengembangan sistem transportasi. Sehingga persoalan yang diperkirakan akan timbul dapat diidentifikasi dan diantisipasi sedini mungkin, sehingga langkah-langkah pemecahan efektif secara terencana dan sebaik mungkin dapat diambil.

Dengan mengambil kawasan tertentu, yaitu propinsi Jawa Tengah, suatu model kebutuhan transportasi akan dikembangkan. Model yang sensitif terhadap sistem aktifitas dan sistem transportasi yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi pengaruh dan kebijakan tertentu dalam sistem transportasi, atau untuk meramalkan kebutuhan transportasi pada masa yang akan datang atas dasar perkembangan kondisi sosio ekonomi dan sistem transportasi yang dapat diantisipasi. Walaupun demikian, pengembangan dan kalibrasi dari model dibatasi oleh ketersediaan data, mengingat kendala data di Indonesia yang tidak selalu tersedia dan tingkat akurasi sering dipertanyakan.

3.2. PENDEKATAN PEMODELAN

Faktor yang menentukan arus pergerakan penduduk diasumsikan sebagai berikut:

- ✓ Arus pergerakan penduduk dipengaruhi oleh karakteristik daerah tujuan dan asal
- ✓ Arus pergerakan penduduk dipengaruhi oleh karakteristik sosial-ekonomi penduduk atau pelaku pergerakan .
- ✓ Arus pergerakan penduduk dipengaruhi oleh pelayanan transportasi berupa jarak, waktu tempuh , biaya dan jenis moda yang digunakan.

Pendekatan pemodelan transportasi yang baku dikenal dengan sebutan **Model Empat Tahap** (*Four-stage Model*). Pendekatan pemodelan ini terdiri dari sub-sub model sebagai berikut :

1. *Trip Generation*

Memperkirakan jumlah perjalanan total yang dihasilkan (*trip production*) oleh dan tertarik (*trip attraction*) ke setiap unit wilayah analisis (biasanya disebut zona);

2. *Trip Distribution*

Memperkirakan asal-tujuan perjalanan, yaitu distribusi jumlah perjalanan total zona-zona menurut setiap pasang zona asal-tujuan:

3. *Modal Split*

Memperkirakan distribusi perjalanan setiap jenis moda yang tersedia pada setiap pasang zona asal-tujuan:

4. *Trip Assignment*

Memperkirakan jumlah perjalanan yang melalui rute-rute yang ada dalam jaringan transportasi.

Model 4-tahap tersebut sejak diperkenalkan melalui studi di Amerika Serikat (Detroit, Chicago) tahun 1950-an banyak diterapkan untuk analisis transportasi perkotaan. Penerapan model tersebut kebanyakan dilakukan secara berurutan (*sequential modelling*), yaitu keluaran dari sub-model pertama dijadikan masukan bagi sub-model kedua, dan seterusnya.

Sebagai alternatif dari pemodelan berurutan adalah **pemodelan simultan** (*simultaneous modelling*) yang mana keempat sub-model diatas digabungkan menjadi satu model. Model simultan secara tidak langsung menampilkan keseimbangan antara tujuan perjalanan, moda, serta rute yang tersedia dalam jaringan transportasi. Dengan model simultan dihasilkan perkiraan jumlah perjalanan antara sepasang kota asal-tujuan yang menggunakan moda tertentu dan melalui rute tertentu.

Model simultan banyak diterapkan untuk studi transportasi antar kota (*Quandt & Baumol, 1966; McLynn & Woronka, 1969; Monson, 1966, 1967*), namun tidak banyak diterapkan untuk transportasi perkotaan (*Kraft & Wohl, 1967*).

3.2.1. Model Simultan

Formulasi model simultan untuk masalah transportasi secara umum sebagai berikut :

$$T_{ijmk} = K \cdot f(.) \cdot g(.) \cdot h(.) \quad \dots \quad (3.1)$$

keterangan :

T_{ijmk} = jumlah komoditi k yang diproduksi dari daerah asal ke- i dengan daerah tujuan ke- j dengan menggunakan moda m.

K = suatu konstanta

f(.) = fungsi sosio-ekonomi

g(.) = fungsi hambatan perjalanan (*general impedance*)

$h(.)$ = fungsi distribusi moda (*moda split*)

Fungsi-fungsi $f(.)$, $g(.)$, $h(.)$ bisa sangat bervariasi tergantung dari jumlah dan jenis variabel yang dimasukkan dan bentuk persamaan matematisnya. (Monson, 1967)

Salah satu variasi dari model simultan yang mengikuti struktur umum dari model transportasi penumpang (Quandt & Baumol, 1966) adalah sebagai berikut :

$$T_{ijk} = K S_{ik}^{\alpha_1} D_{jk}^{\alpha_2} C_{ijb}^{\alpha_3} P_{ijb}^{\alpha_4} C_{ijm}^{\alpha_5} P_{ijm}^{\alpha_6} \dots \quad (3.2)$$

keterangan :

T_{ijk} = Jumlah komoditi ke-k yang diproduksi dari daerah asal ke- i dan dikirim ke daerah tujuan ke- j dengan menggunakan moda ke-m.

S_{ik} = Surplus/trip production daerah asal ke-i pada komoditi ke-k

D_{jk} = Defisit/trip attraction daerah tujuan ke-j pada komoditi ke-k

C_{ijb} = Biaya transportasi dari i ke j dengan moda terbaik ke-b

C_{ijm} = Biaya transportasi dari i ke j dengan moda ke-m

P_{ijb} = Waktu tempuh dari i ke j dengan moda terbaik ke-b

P_{ijm} = Waktu tempuh dari i ke j dengan moda ke-m

Subskrip m = moda yang ditinjau

Subskrip b = moda yang terbaik

K, α_i = parameter ($i = 1,2,3,4,5$ dan 6)

Pada variasi persamaan simultan di atas, fungsi-fungsi $f(.)$, $g(.)$, $h(.)$ tidak muncul secara eksplisit melainkan tergabung dalam satu kesatuan. Bentuk persamaan matematis dari model simultan juga bisa dikembangkan sehingga masing-masing sub fungsi tersebut bisa muncul secara eksplisit. Dalam hal transportasi penumpang sejumlah variasi model simultan telah dikembangkan dan dikalibrasi untuk kondisi

Indonesia dengan hasil yang cukup memuaskan (Sjafruddin, 1997). Pengembangan

jumlah dan jenis variabel yang dimasukkan, misalnya dilakukan dengan memasukkan variabel-variabel sosio-ekonomi populasi, produk domestik bruto, dan indeks karakteristik industri (Kanafani, 1984)

Beberapa alternatif model yang dikembangkan dan dikalibrasi untuk selanjutnya dipilih model yang terbaik (Sjafruddin, 1997) adalah sebagai berikut:

$$\text{Model-1} \quad T_{ij} = \alpha_0 (H_{ij})^{\alpha_1} (P_i)^{\alpha_2} (P_j)^{\alpha_3} (I_i)^{\alpha_4} (I_j)^{\alpha_5} (Pt_i)^{\alpha_6} (Pt_j)^{\alpha_7} (M_i)^{\alpha_8} (M_j)^{\alpha_9}$$

$$\text{Model-2} \quad T_{ij} = \alpha_0 (H_{ij})^{\alpha_1} (P_i.P_j)^{\alpha_2} (I_i)^{\alpha_3} (I_j)^{\alpha_4} (M_i)^{\alpha_5} (M_j)^{\alpha_6} (S_i)^{\alpha_7} (D_j)^{\alpha_8} (C_{ij})^{\alpha_9}$$

$$\text{Model-3} \quad T_{ij} = \alpha_0 (P_i)^{\alpha_1} (P_j)^{\alpha_2} (I_i)^{\alpha_3} (I_j)^{\alpha_4} (Pt_i.M_i)^{\alpha_5} (Pt_j.M_j)^{\alpha_6} (H_{ij})^{\alpha_7}$$

$$\text{Model-4} \quad T_{ij} = \alpha_0 (P_i.P_j)^{\alpha_1} (I_i.I_j)^{\alpha_2} (M_i.M_j)^{\alpha_3} (S_i.D_j)^{\alpha_4} (H_{ij})^{\alpha_5} (C_{ij})^{\alpha_6}$$

$$\text{Model-5} \quad T_{ij} = \alpha_0 (P_i)^{\alpha_1} (P_j)^{\alpha_2} (I_i)^{\alpha_3} (I_j)^{\alpha_4} (Pt_i.M_i)^{\alpha_5} (Pt_j.M_j)^{\alpha_6} (H_{ij})^{\alpha_7}$$

$$\text{Model-6} \quad T_{ij} = \alpha_0 (P_i.P_j)^{\alpha_1} (I_i)^{\alpha_2} (I_j)^{\alpha_3} (Pt_i.M_i)^{\alpha_4} (Pt_j.M_j)^{\alpha_5} (H_{ij})^{\alpha_6}$$

Keterangan:

T_{ij} : arus pergerakan penduduk dari daerah asal ke-i dengan daerah tujuan ke-j

P_i, P_j : jumlah penduduk daerah i dan jumlah penduduk daerah j

I_i, I_j : PDRB perkapita daerah i dan PDRB perkapita daerah j

N_i, N_j : PDRB total daerah i dan PDRB total daerah j

Pt_i, Pt_j : PDRB sektor pertanian daerah i dan PDRB sektor pertanian daerah j

M_i, M_j : PDRB sektor industri daerah i dan PDRB sektor industri daerah j

S_i, D_j : surplus/trip production daerah i dan defisit/trip attraction daerah j

H_{ij} : jarak dari daerah asal ke-i dengan daerah tujuan ke-j

C_{ij} : tarif/biaya angkut rata-rata dari daerah asal ke-i dengan daerah tujuan ke-j

α_k : parameter model $k=0,1,2,3,\dots$

3.3. TRANSFORMASI LOGARITMA

Dari pembahasan diatas telah jelas bahwa formulasi simultan digunakan untuk pemodelan arus pergerakan penduduk di Jawa Tengah. Pemodelan tersebut adalah salah satu dari bentuk pemodelan (regresi) non-linier. Alasannya adalah hubungan antara variabel dependen Y (arus pergerakan penduduk) dengan variabel independen X (faktor pelayanan moda dan faktor sosial ekonomi) tidak membentuk hubungan yang linier tetapi non-linier. Maka dari itu harus dicari transformasi yang cocok untuk melinierkan pemodelan simultan tersebut. Tujuan transformasi adalah agar memperoleh model regresi yang bentuknya sederhana dalam peubah yang ditransformasi, bukan model yang jauh lebih rumit dalam peubah asalnya (*Draper & Smith*).

Dari studi yang pernah dilakukan oleh Sjafruddin mengenai pemodelan arus pergerakan penduduk di pulau Jawa (penelitian hibah bersaing 1997), dipakai transformasi logaritma untuk melinierkan persamaan simultan. Karena dari berbagai bentuk transformasi antara lain: kuadratik, kubik, eksponensial, logistik dan sebagainya, transformasi logaritmalah yang memiliki nilai koefisien korelasi yang paling tinggi dibandingkan dengan yang lain.

Adapun teknis untuk melakukan transformasi logaritma adalah sebagai berikut:

1. Misalkan diambil persamaan simultan model-3

$$T_{ij} = \alpha_0 (P_i)^{\alpha_1} (P_j)^{\alpha_2} (I_i)^{\alpha_3} (I_j)^{\alpha_4} (Pt_i.M_i)^{\alpha_5} (Pt_j.M_j)^{\alpha_6} (H_{ij})^{\alpha_7}$$

2. Logaritmakan kedua buah ruas

$$\Leftrightarrow \text{Log}(T_{ij}) = \text{Log}[\alpha_0 (P_i)^{\alpha_1} (P_j)^{\alpha_2} (I_i)^{\alpha_3} (I_j)^{\alpha_4} (Pt_i.M_i)^{\alpha_5} (Pt_j.M_j)^{\alpha_6} (H_{ij})^{\alpha_7}] \quad (3.3)$$

$$\Leftrightarrow \text{Log}(T_{ij}) = \text{Log } \alpha_0 + \text{Log}(P_i)^{\alpha_1} + \text{Log}(P_j)^{\alpha_2} + \text{Log}(I_i)^{\alpha_3} + \text{Log}(I_j)^{\alpha_4} + \text{Log}(Pt_i \cdot M_i)^{\alpha_5} + \text{Log}(Pt_j \cdot M_j)^{\alpha_6} + \alpha_7 \text{Log}(H_{ij}) \quad \dots (3.4)$$

$$\Leftrightarrow \text{Log}(T_{ij}) = \text{Log } \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log}(P_i) + \alpha_2 \text{Log}(P_j) + \alpha_3 \text{Log}(I_i) + \alpha_4 \text{Log}(I_j) + \alpha_5 \text{Log}(Pt_i \cdot M_i) + \alpha_6 \text{Log}(Pt_j \cdot M_j) + \alpha_7 \text{Log}(H_{ij}) \quad \dots (3.5)$$

$$\Leftrightarrow Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_5 X_5 + b_6 X_6 + b_7 X_7 \quad \dots (3.6)$$

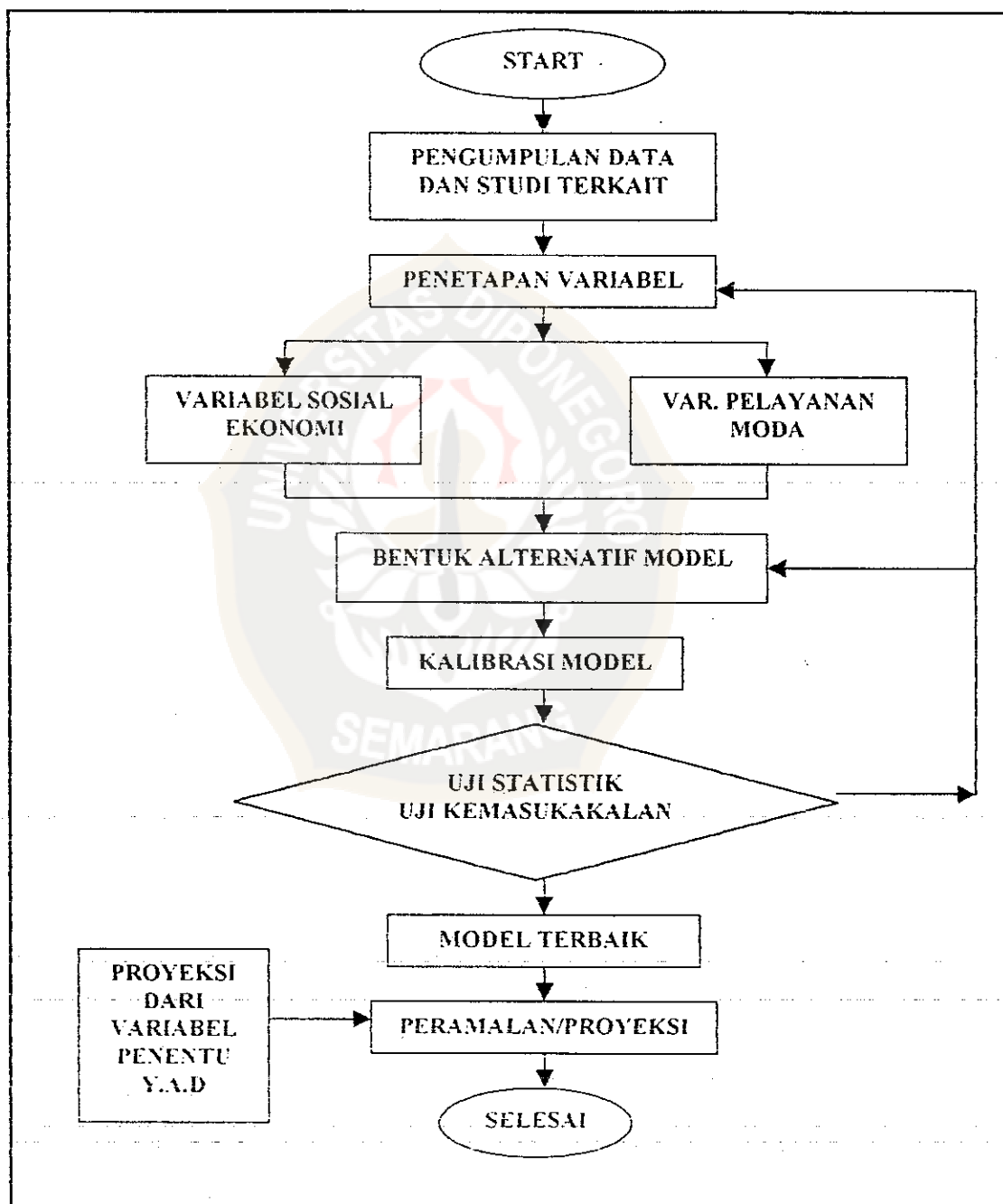
keterangan:

$Y = \text{Log}(T_{ij})$	$X_1 = \text{Log}(P_i)$
$b_0 = \text{Log } \alpha_0$	$X_2 = \text{Log}(P_j)$
$b_1 = \alpha_1$	$X_3 = \text{Log}(I_i)$
$b_2 = \alpha_2$	$X_4 = \text{Log}(I_j)$
$b_3 = \alpha_3$	$X_5 = \text{Log}(Pt_i \cdot M_i)$
$b_4 = \alpha_4$	$X_6 = \text{Log}(Pt_j \cdot M_j)$
$b_5 = \alpha_5$	$X_7 = \text{Log}(H_{ij})$
$b_6 = \alpha_6$	
$b_7 = \alpha_7$	

- Persamaan (3.6) adalah bentuk regresi linier berganda. Sehingga koefisien-koefisien dari b_i dapat di tentukan sesuai dengan prosedur regresi linier berganda sebagaimana yang telah diuraikan pada bab 2.
- Setelah didapatkan koefisien-koefisien dari b_i dan persamaan regresi secara lengkap maka dilakukan uji terhadap asumsi-asumsi linieritas dan kecocokan model.
- Kembalikan ke bentuk pemodelan simultan dengan melakukan inver transformasi logaritma.
- Diperoleh permodelan simultan secara lengkap.

3.4. TAHAPAN PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan kegiatan penelitian secara skematis digambarkan pada diagram alir berikut ini :



Gambar 4. Diagram Alir Proyeksi Arus Pergerakan Penduduk Jawa Tengah

Th. 2005 Dengan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Dari Holt

Tahapan pelaksanaan penelitian secara lebih rinci diuraikan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data Sekunder dan Studi Terkait

Pengumpulan data tugas akhir ini dimulai sejak bulan Nopember 2001 sampai dengan Desember 2001, yang terdiri dari :

- a. Data survei arus pergerakan penduduk propinsi di Pulau Jawa tahun 1996 (Sumber Departemen Perhubungan propinsi Jawa tengah). Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.9.
- b. Data jarak antar kabupaten/kota di propinsi Jawa Tengah tahun 1996 (Sumber Badan Pusat Statistik Prop. Jateng, *Buku Jawa Tengah Dalam Angka tahun 1997*). Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.2.
- c. Data jarak kabupaten/kota di Jawa Tengah tahun 1996 dengan propinsi-propinsi di Pulau Jawa (Departemen Perhubungan propinsi Jawa Tengah). Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.2.
- d. Data variabel sosio-ekonomi tahun 1993-1999 (Sumber Badan Pusat Statistik Prop. Jateng, *Buku Jawa Tengah Dalam Angka*), meliputi:
 - ✓ Data jumlah penduduk di kabupaten/kota Jawa tengah atas dasar harga konstan tahun 1993. Dapat dilihat pada tabel 2.3.
 - ✓ Data PDRB/kapita di kabupaten/kota Jawa tengah atas dasar harga konstan tahun 1993. Dapat dilihat pada tabel 2.5.
 - ✓ Data PDRB industri di kabupaten/kota Jawa tengah atas dasar harga konstan tahun 1993. Dapat dilihat pada tabel 2.7.
 - ✓ Data PDRB pertanian di kabupaten/kota Jawa tengah atas dasar harga konstan tahun 1993. Dapat dilihat pada tabel 2.8.

- ✓ Data Sosial ekonomi propinsi-propinsi di Pulau Jawa tahun 1996 atas dasar harga konstan 1993. Dapat dilihat pada tabel 4.3.

2. Penetapan variabel

Arus pergerakan penduduk di Jawa Tengah dipengaruhi oleh variabel sosio-ekonomi dan variabel pelayanan moda. Variabel sosial-ekonomi meliputi: jumlah penduduk daerah asal, jumlah penduduk daerah tujuan, PDRB/kapita daerah asal, PDRB/kapita daerah tujuan, PDRB industri daerah asal, PDRB industri daerah tujuan, PDRB pertanian daerah asal dan PDRB pertanian daerah tujuan. Variabel pelayanan moda meliputi jarak antar daerah asal dan tujuan di kab./kota propinsi Jawa Tengah. Adapun mengenai variabel-variabel tersebut disimbolkan sebagai berikut:

- Variabel tak bebas (T_{ij}) = arus pergerakan penduduk
- Variabel-variabel bebas yang terdiri dari :
 - H_{ij} = jarak daerah asal ke daerah tujuan (dalam kilometer)
 - P_i = jumlah penduduk daerah asal
 - P_j = jumlah penduduk daerah tujuan
 - I_i = PDRB/kapita daerah asal (dalam jutaan rupiah)
 - J_j = PDRB/kapita daerah tujuan (dalam jutaan rupiah)
 - P_t = PDRB pertanian daerah asal (dalam jutaan rupiah)
 - P_{tj} = PDRB pertanian daerah tujuan (dalam jutaan rupiah)
 - M_i = PDRB industri daerah asal (dalam jutaan rupiah)
 - M_j = PDRB industri daerah tujuan (dalam jutaan rupiah)

3. Penentuan Model Awal

Proses penentuan model awal dilakukan dengan mempertimbangkan data yang telah terkumpul, mengidentifikasi alternatif variabel-variabel dan memproses data yang berkaitan dengan karakteristik pelayanan transportasi. Pada tahap ketiga ini penentuan model masih berupa pengembangan awal (preliminary models) dengan mencoba enam model alternatif yang pernah dikembangkan oleh Ir. Sjafruddin (penelitian hibah bersaing, 1997).

Untuk model awal digunakan model -1 yaitu :

$$\text{Model-1 } T_{ij} = \alpha_0 (H_{ij})^{\alpha_1} (P_i)^{\alpha_2} (P_j)^{\alpha_3} (I_i)^{\alpha_4} (I_j)^{\alpha_5} (Pt_i)^{\alpha_6} (Pt_j)^{\alpha_7} (M_i)^{\alpha_8} (M_j)^{\alpha_9}$$

Dengan menggunakan SPSS 10.0 for windows didapatkan model awal sebagai berikut:

$$T_{ij} = 10^{-2.314} (H_{ij})^{-1.349} (P_i)^{0.412} (P_j)^{0.594} (I_i)^{1.060} (I_j)^{1.522} (M_i)^{0.095} (Pt_i)^{-0.400} (Pt_j)^{-0.649} \dots (3.7)$$

4. Kalibrasi Model

Kalibrasi model meliputi uji statistik dan uji kemasukakalan.

Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran 10. Dari lampiran 10 dapat disimpulkan bahwa model persamaan (3.7) memenuhi uji-uji statistik. Adapun untuk uji kemasukakalan, dapat dilihat bahwa beberapa variabel sosio-ekonomi pada model (3.7) memiliki korelasi negatif dengan arus pergerakan penduduk (PDRB pertanian daerah asal dan PDRB pertanian daerah tujuan). Padahal untuk variabel sosio-ekonomi korelasi yang diharapkan adalah positif dengan arus pergerakan penduduk. Selain itu pada model ini variabel PDRB industri daerah tujuan tidak signifikan terhadap model. Karena dua hal tersebut, maka harus dicari model alternatif lain yang dapat memenuhi kriteria kalibrasi model, sehingga kembali ke tahap ketiga yaitu penentuan model alternatif.

Dengan menggunakan model-3 pada penelitian Ir. Sjafruddin diperoleh formulasi model simultan sebagai berikut:

$$\text{Model-3 } T_{ij} = \alpha_0 (P_i)^{\alpha_1} (P_j)^{\alpha_2} (I_i)^{\alpha_3} (I_j)^{\alpha_4} (Pt_i.M_i)^{\alpha_5} (Pt_j.M_j)^{\alpha_6} (H_{ij})^{\alpha_7}$$

Formulasi model simultan secara lengkap pada model-3 ini memenuhi kriteria kalibrasi model . (pembahasannya dapat dilihat pada lampiran 10)

5. Penentuan Model Tahap Akhir

Tahap akhir pengembangan model dilakukan untuk memperoleh set variabel dan bentuk formulasi model yang terbaik berdasarkan data yang ada.

Dari model-3 diatas diperoleh model terbaik sebagai berikut:

$$T_{ij} = 10^{-2.215} (H_{ij})^{-1.348} (P_i)^{0.340} (P_j)^{0.617} (I_i)^{1.087} (I_j)^{1.425} (M_j \times Pt_i)^{-0.577} (M_j \times Pt_j)^{0.130}$$

6. Peramalan/Proyeksi Model

Model yang telah dikalibrasi dan divalidasi digunakan untuk memproyeksikan arus pergerakan penduduk di Jawa Tengah tahun 2005 dengan terlebih dahulu meramalkan butuhan transportasi penduduk yang akan datang dengan mempertimbangkan kecenderungan dan proyeksi dari variabel-variabel sosio-ekonomi dan pelayanan transportasi.