

# **PENGGUNAKAN SISTEM DINAMIK DALAM MANAJEMEN TRANSPORTASI UNTUK MENGATASI KEMACETAN DI DAERAH PERKOTAAN**

**Sugeng Wiyono**

Jurusan Teknik Sipil

Universitas Islam Riau

Jl. KH Nasution Km 10 Kampus UIR P. Marpoyan Pekanbaru

Fax: (0761) 47728

sugenguir@gmail.com

## **Abstract**

Traffic congestion is part of the transportation problems which are always resolved using indicators and transportation modeling without considering the spatial or land use development sectors. Land use affects the development and attract the use of urban road network and, thereby, increases the traffic volume. Besides the traffic circulation will create traffic conflicts, congestion, delay, and reduce the traffic speed. Transportation problems can be anticipated by implementing an integrated transportation management system, using a computer program that is able to detect the problem as early as possible. Dynamic modeling can be used to model complex problems of urban transportation. The results of this study indicate that the dynamic system modeling can be used as a tool to estimate the space requirement, with modeling variables must be first determined, making it clear what to be assessed and how the data to be structured.

**Keywords:** traffic congestion, transportation management, dynamic modelling

## **Abstrak**

Kemacetan lalu lintas adalah bagian dari masalah transportasi yang selalu diselesaikan dengan menggunakan indikator dan permodelan transportasi tanpa mempertimbangkan sector-sektor tata ruang atau pengembangan penggunaan lahan. Penggunaan lahan mempengaruhi pengembangan dan daya tarik untuk menggunakan jaringan jalan perkotaan sehingga meningkatkan volume lalu lintas. Selain itu sirkulasi arus lalu lintas akan meningkatkan konflik lalu lintas, kemacetan, tundaan, dan mengurangi kecepatan lalu lintas. Masalah transportasi dapat diantisipasi dengan menerapkan sistem manajemen transportasi yang terintegrasi, menggunakan program komputer yang mampu mendeteksi terjadinya persoalan sedini mungkin. Permodelan dinamis dapat digunakan untuk memodelkan permasalahan transportasi perkotaan yang kompleks. Hasil studi ini menunjukkan bahwa permodelan sistem dinamis dapat digunakan sebagai suatu alat untuk mengestimasi kebutuhan ruang gerak, dengan variabel-variabel permodelan harus ditentukan terlebih dahulu, sehingga jelas apa yang mau dinilai dan bagaimana data tersebut distrukturkan.

**Kata-kata Kunci:** kemacetan lalu lintas, manajemen transportasi, permodelan dinamis.

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Dalam sepuluh tahun terakhir ini Pekanbaru mengalami perkembangan yang sangat pesat di sektor perdagangan, industri, pariwisata, dan perhotelan. Bahkan diperkirakan Pekanbaru akan menjadi kota metropolis terbesar di Sumatera. Dengan jumlah penduduk

sekitar satu juta jiwa, kota Pekanbaru sekarang ini sudah mulai memperlihatkan kemacetan dan polusi udara yang sangat mengkhawatirkan.

Permasalahan kemacetan lalu lintas merupakan bagian permasalahan transportasi, yaitu terlalu besarnya kebutuhan akan pergerakan dibandingkan dengan prasarana transportasi yang tersedia. Suatu cara memecahkan masalah tersebut adalah membangun prasarana sesuai dengan kebutuhan, mengurangi pergerakan, dan gabungan keduanya. Tetapi pendekatan seperti ini sudah harus ditinggalkan karena pembangunan prasarana jalan di kota bukan saja mahal, namun juga tidak bisa menghilangkan kemacetan masif karena adanya cadangan lalu lintas kendaraan yang terbangkitkan, yang selalu siap menunggu untuk mengisi kapasitas prasarana yang disediakan. Oleh karena itu pendekatan membangun sistem prasarana harus diubah menjadi pendekatan manajemen dan efisiensi sistem, yang biasa disebut dengan manajemen sistem transportasi.

Pengembangan tata guna lahan menyebabkan bangkitan dan/atau tarikan baru pada jaringan jalan perkotaan sehingga menambah volume lalu lintas (Morlok, 1985). Selain itu sirkulasi arus lalu lintas akan menambah konflik, kemacetan, tundaan, dan mengurangi kecepatan rata-rata pada ruas jalan tersebut. Kemacetan yang terjadi pada suatu persimpangan seringkali disebabkan oleh adanya perkembangan tata guna lahan di kawasan persimpangan, sehingga sirkulasi lalu lintas di kawasan persimpangan menambah tundaan bahkan kemacetan di persimpangan tersebut.

Daya dukung prasarana dan tingkat layanan transportasi sangat dipengaruhi oleh strategi penyediaan prasarana dan layanan transportasi. Suatu rencana pengembangan wilayah perlu diatur dan di tata dengan tersedianya prasarana yang memadai sehingga bangkitan dan tarikan yang dihasilkan dapat dilayani dengan baik.

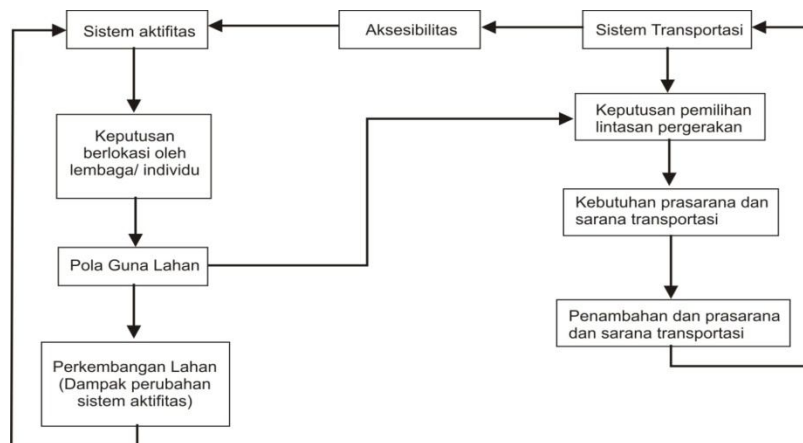
Agar permasalahan transportasi dapat diantisipasi dan diatasi, dibutuhkan mekanisme dan sistem manajemen pengelolaan terpadu yang dapat memahami sesuatu yang bersifat kompleks dalam pendekatan sistem dan adanya perubahan dinamis setiap waktu. Diharapkan model dinamis ini mampu mendeteksi terjadinya berbagai potensi kemacetan sedini mungkin. Dengan sistem manajemen transportasi berbasis metodologi sistem dinamik ini pemerintah kota dapat melakukan simulasi terlebih dahulu skenario-skenario kebijakan yang akan diambil agar mampu memperkecil akibat yang tidak diinginkan, yang muncul dari suatu keputusan di masa yang akan datang.

Penelitian ini dimaksudkan untuk dapat menghasilkan suatu gambaran menyeluruh tentang sistem transportasi yang dimodelkan dalam sistem dinamis, yang menggambarkan kondisi transportasi di Kota Pekanbaru dari sisi bangkitan dan tarikan lalu lintas. Dengan pendekatan dinamik ini diharapkan dapat dihasilkan suatu rekomendasi bagi tatanan transportasi di Kota Pekanbaru, terutama yang terkait dengan permasalahan transportasi yang perlu segera ditangani.

Pendekatan sistem dinamik adalah pendekatan yang bersifat makro yang didukung oleh pendekatan mikro dengan 4 tahap permodelan transportasi, yaitu bangkitan dan tarikan, distribusi, pemilihan moda, serta pembebanan lalu lintas atau pemilihan rute. Dalam pelaksanaannya pendekatan ini memerlukan proses yang panjang. Oleh karena itu penelitian ini dibatasi pada permodelan bangkitan dan tarikan dalam sistem transportasi yang akan disajikan secara dinamis. Bangkitan disajikan melalui beberapa sub model terkait dengan sumber bangkitan adalah sub model guna lahan permukiman dan sub model populasi. Sementara untuk model tarikan, dalam konteks dinamis, direpresentasikan oleh

kondisi guna lahan yang menjadi tarikan, yaitu sub model guna lahan industri, sub model guna lahan komersial, dan sub model harga lahan.

Konsep permodelan dimulai dengan membuat Sistem Interaksi Guna Lahan dan Transportasi sebagaimana terdapat pada Gambar 1. Kemudian dilanjutkan dengan pengembangan sub model yang terkait serta membuat diagram sebab akibat variabel yang saling mempengaruhi satu dengan yang lain. Terdapat hubungan negatif atau hubungan berbanding terbalik serta hubungan positif atau hubungan berbanding lurus. Selanjutnya dengan memakai perangkat lunak power sim model tersebut dijalankan. Validasi dan kalibrasi dilaksanakan dengan menggunakan data primer yang didapat dari survei langsung di lapangan.



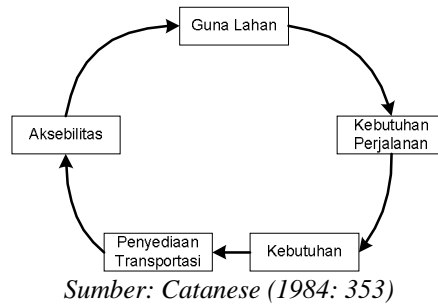
**Gambar 1** Sistem Interaksi Guna Lahan

Analisis bangkitan dan tarikan dapat dilakukan terhadap data sekunder dan data primer dan analisis matrik asal dan tujuan dan pola gerakan dapat dilakukan dengan menyebarkan kuisioner, dengan distribusi responden ke setiap zona harus mewakili pergerakan. Data primer survei asal tujuan juga perlu dilakukan terhadap responden yang melakukan pergerakan menggunakan angkutan umum sehingga dalam analisis akan dibedakan perjalanan menurut tujuan perjalanan dan menurut karakteristik pengguna.

## PERMODELAN

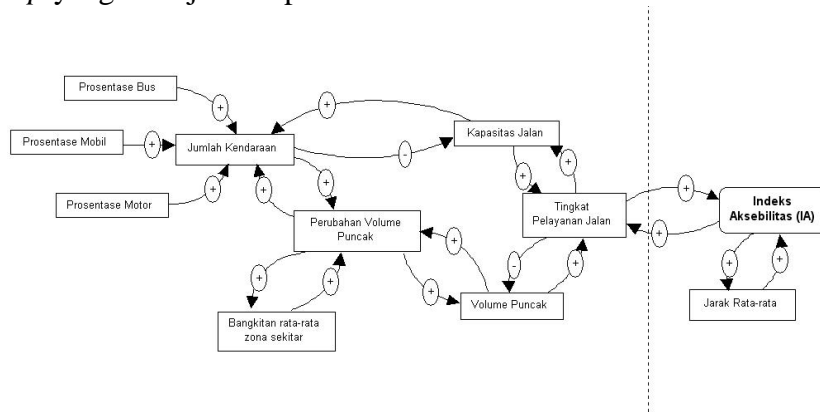
### Sub Model Transportasi

Transportasi, sebagai suatu sistem, juga terdiri atas elemen-elemen atau variabel-variabel pembentuknya. Jika pada elemen ini terjadi suatu perubahan, maka perubahan tersebut akan mempengaruhi sistem itu sendiri. Perubahan penggunaan lahan kota dipengaruhi oleh adanya perubahan pada aksesibilitas untuk mencapai suatu lokasi yang dituju. Bila akses transportasi ke suatu lokasi lahan diperbaiki, maka lahan tersebut akan lebih menarik investasi sehingga perkembangannya akan lebih cepat. Jadi jika aksesibilitas suatu lokasi lahan meningkat, perubahan yang terjadi pada lahan tersebut akan semakin cepat. Keterkaitan antara transportasi dengan penggunaan lahan ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Siklus Penggunaan Lahan dan Transportasi

Dengan demikian pembuatan sub model transportasi akan menghasilkan suatu masukan dan keluaran dalam simulasi model dinamis penggunaan lahan pada wilayah studi. Keluaran sub model transportasi ini adalah variabel indikasi akseibilitas (IA), yang akan menjadi input bagi sub model guna lahan dan harga lahan. Selain itu sub model ini menjelaskan ukuran kenyamanan dan kemudahan suatu lokasi lahan guna berinteraksi dengan guna lahan lainnya. Hubungan antar variabel transportasi tersebut digambarkan dalam *causal loop* yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3** Causal Loop Sub Model Transportasi

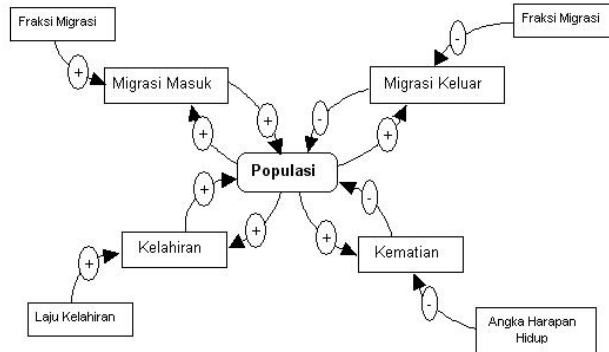
### Sub Model Populasi atau Penduduk

Selain dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan alami dan migrasi penduduk, submodel populasi dipengaruhi pula oleh proses distribusi penduduk. Pada model yang dibangun tersebut terdapat hubungan antara pengurangan kepadatan penduduk dengan jarak pusat kota, yang dapat dikatakan berkaitan dengan tingkat aksesibilitas perkotaan. Hubungan sebab-akibat faktor-faktor tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada diagram sub model tersebut terdapat hubungan variabel yang saling berpengaruh satu dengan yang lain. Terdapat hubungan negatif (*loop* negatif) serta hubungan positif (*loop* positif). Hubungan negatif merupakan hubungan terbalik, yang berarti peningkatan pada satu variabel akan mengurangi variabel yang lain. Sebagai contoh adalah hubungan antara populasi dan kematian, dengan jumlah populasi akan mempengaruhi jumlah kematian, yang artinya semakin besar populasi akan semakin besar pula jumlah kematian, tetapi jumlah kematian ini akan mengurangi jumlah populasi.

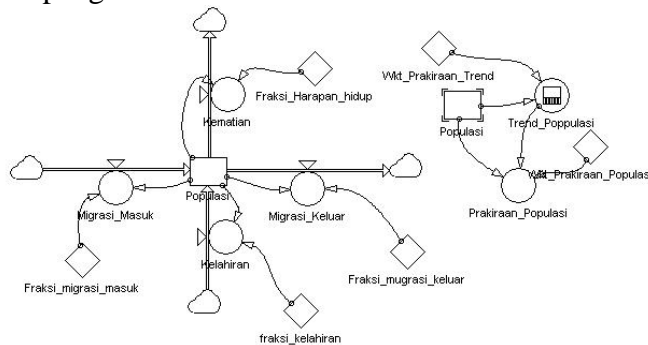
*Loop positif* merupakan hubungan yang berbanding lurus, yang berarti peningkatan satu variabel akan mengakibatkan peningkatan pada variabel yang lainnya. Sebagai contoh adalah hubungan antara populasi dengan kelahiran, dengan populasi yang besar akan

mengakibatkan jumlah kelahiran yang besar, begitu juga sebaliknya. Juga pada loop antara populasi dengan migrasi masuk, dengan jumlah penduduk akan mempengaruhi besarnya jumlah migrasi yang masuk; semakin besar jumlah populasi di suatu kota akan menambah ketertarikan penduduk lain untuk ikut masuk ke kota tersebut.



**Gambar 4** Causal Loop Sub Model Populasi

Populasi dalam diagram alir model pada Gambar 5 dipengaruhi oleh adanya perubahan populasi, baik secara alami maupun karena adanya migrasi. Secara alami perkembangan populasi suatu kota ditentukan oleh banyaknya kelahiran yang hidup serta kematian penduduk. Sedangkan secara migrasi dipengaruhi oleh arus migrasi masuk dan keluar. Perkembangan kelahiran, migrasi masuk, dan migrasi keluar secara normal memiliki nilai yang ditentukan dalam fraksi kelahiran, migrasi masuk, dan migrasi keluar. Sedangkan tingkat kematian rata-rata ditentukan oleh angka harapan hidup dalam suatu kota. Fraksi dan angka harapan hidup tersebut kemudian dikalikan dengan jumlah populasi, sehingga dapat diketahui besarnya proyeksi populasi untuk tahun proyeksi tertentu. Besarnya populasi yang diproyeksikan akan mempengaruhi sub model lainnya sebagai suatu variabel pengaruh.

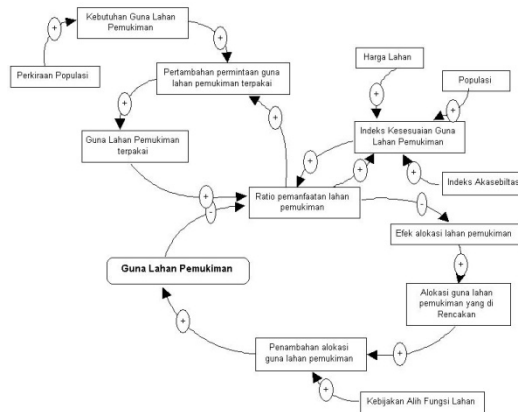


**Gambar 5** Diagram Model Dinamis Sub Model Populasi

### Model Dinamis Bangkitan dan Tarikan pada Sistem Transportasi/ Lalulintas

Model dinamis bangkitan dan tarikan dimodelkan dalam variabel guna lahan permukiman, sebagai model bangkitan, dan variabel guna lahan komersial sebagai model tarikan pergerakan. Sub model guna lahan permukiman akan membentuk suatu sistem yang saling terkait dan terpengaruh, sehingga faktor atau variabel yang digunakan akan sangat menentukan keterkaitan tersebut. Sebagai contoh, jika perubahan pada populasi

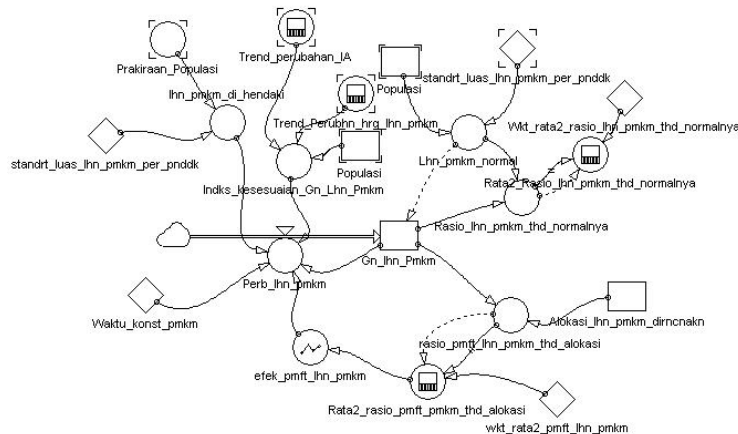
akan mempengaruhi kebutuhan lahan untuk permukiman. Bila jumlah populasi meningkat permintaan lahan permukiman akan meningkat pula, sehingga harga lahan pada lokasi tersebut cenderung mengikuti pasar. Bertambahnya kebutuhan lahan permukiman akan mengurangi jatah atau alokasi guna lahan lainnya, seperti alokasi lahan untuk prasarana penunjang dan lahan terbuka hijau. Namun peningkatan luas lahan permukiman menyebabkan bertambahnya pula kebutuhan lahan institusi, prasarana penunjang, dan lahan komersial, sehingga untuk melihat keterkaitan tersebut dibuat sebuah model, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Causal Loop Sub Model Guna Lahan Permukiman

Penggunaan lahan permukiman dipengaruhi oleh kemudahan pencapaian atau aksesibilitas serta kedekatan dengan pusat kota dan zona/guna lahan lainnya. Secara sistem kebutuhan lahan komersial, ruang terbuka, serta lahan untuk prasarana kota akan mengurangi pengalokasian lahan permukiman. Kebutuhan lahan permukiman akan semakin meningkat dengan variabel utamanya adalah peningkatan jumlah penduduk, sehingga rasio atau perbandingan penggunaan lahan juga akan meningkat. Peningkatan itu juga dipengaruhi oleh harga lahan serta indeks aksesibilitas, yang diartikan dengan indeks kesesuaian penggunaan lahan permukiman. Hubungan yang berbanding lurus ini akan membentuk suatu loop positif, dengan peningkatan suatu variabel akan meningkatkan variabel lainnya. Selain variabel-variabel tersebut, untuk membentuk suatu model dinamis guna lahan permukiman dalam memproyeksikan besarnya kebutuhan permukiman pada masa mendatang, digunakan variabel standar luas lahan permukiman, seperti yang sudah ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, yaitu luas lahan minimal untuk rumah dengan satu keluarga adalah sekitar 90 m<sup>2</sup>, sehingga untuk menghitung kebutuhan minimal luas lahan permukiman seiring dengan peningkatan jumlah populasi dapat ditentukan. Perubahan dalam variabel sub model populasi akan berpengaruh secara langsung terhadap kebutuhan lahan permukiman. Dalam diagram model dinamis, yang terlihat pada Gambar 7, besarnya lahan permukiman yang dihendaki dibentuk oleh perkiraan populasi dikalikan dengan standar luas lahan permukiman rata-rata. Sedangkan guna lahan permukiman normal akan meningkat sebanding dengan peningkatan jumlah populasi, sehingga besarnya guna lahan permukiman awal adalah luas guna lahan permukiman normal ditambah dengan guna lahan eksisting. Untuk mengetahui besar pengaruh dan perkembangan penggunaan lahan permukiman yang dipengaruhi oleh variabel guna lahan

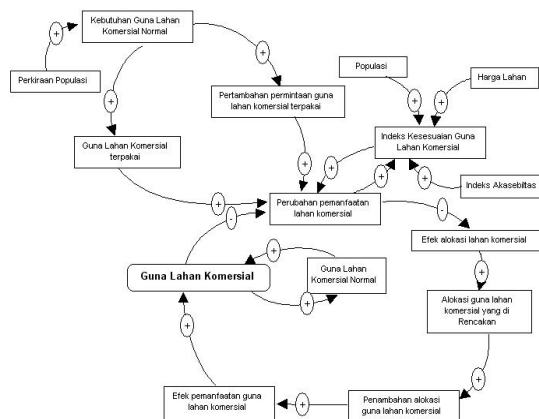
permukiman, maka *causal loop* tersebut digambarkan dalam diagram alir model dinamis untuk sub model guna lahan permukiman.



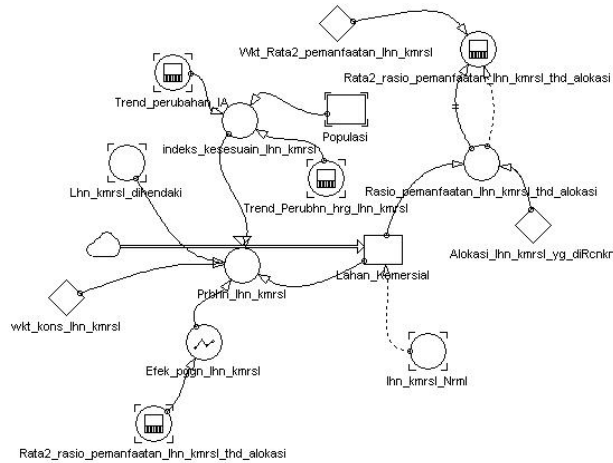
**Gambar 7** Diagram Model Dinamis Sub Model Guna Lahan Permukiman

Pada model tersebut terlihat bahwa perubahan penggunaan lahan permukiman dibangun oleh guna lahan permukiman eksisting, kebutuhan lahan permukiman yang dihendaki, efek pemanfaatan lahan permukiman sebagai faktor pengali yang kemudian ditambahkan dengan indeks kesesuaian guna lahan permukiman. Indeks kesesuaian guna lahan ini terdiri atas variabel harga lahan, populasi, dan transportasi, yang berupa indeks aksesibilitas. Pembentukan model perubahan penggunaan lahan tersebut tidak dapat dilepaskan dengan adanya waktu kontruksi pencapaian suatu model, yang dalam diagram tersebut ditunjukkan oleh besarnya konstanta waktu kontruksi permukiman.

Perubahan dan keterkaitan antara guna lahan komersial atau perdagangan dan jasa dapat dilihat pada diagram sub model guna lahan komersial, yang ditunjukkan pada Gambar 8. Karena model dinamis adalah suatu bentuk penyederhanaan kondisi nyata yang selalu dipengaruhi oleh adanya waktu, maka adanya waktu rata-rata penggunaan lahan komersial tersebut akan menghasilkan suatu rata-rata rasio pemanfaatan lahan komersial terhadap alokasinya. Besarnya rata-rata rasio tersebut akan menimbulkan pengaruh terhadap pemakaian guna lahan komersial, sehingga akan diperoleh efek pemanfaatan lahan komersial, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



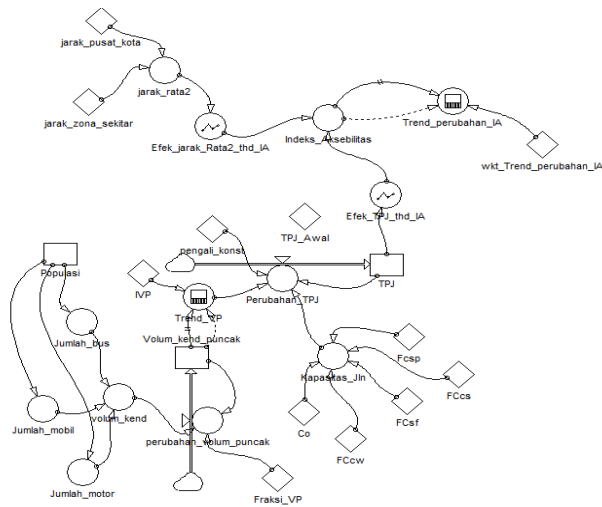
**Gambar 8** Causal Loop Sub Model Guna Lahan Komersial/Perdagangan dan Jasa



**Gambar 9** Diagram Model Dinamis Sub Model Guna Lahan Komersial

### Model Gabungan Sistem Transportasi dan Sistem Lalulintas

Dari keseluruhan model yang telah diuraikan selanjutnya dibuat dalam kerangka sistem, yang nantinya akan digunakan untuk melihat keterkaitan model dan kerangka aplikasinya. Padas Gambar 10 ditunjukkan kerangka model gabungan sub-sub model transportasi dan model lalulintas. Daftar rancangan kebutuhan data untuk melengkapi model dalam analisis ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 10** Diagram Model Gabungan Sistem Transportasi dan Sistem Lalulintas Kebutuhan Untuk Permodelan



**Tabel 1** Perumusan Model dan Sub Model Sistem Dinamis Pada Sistem Transportasi

No.	Causal Loop	Variabel yang Mempengaruhi Masing-Masing Ruas Jalan
1.	Sub Model Guna Lahan Permukiman	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Populasi</li> <li>• Aksesibilitas</li> <li>• Harga lahan</li> <li>• Standar luas lahan permukiman</li> </ul>
2.	Sub Model Guna Lahan Komersial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Populasi</li> <li>• Aksesibilitas</li> <li>• Kebutuhan Pelayanan Kegiatan Jasa Komersial</li> <li>• Harga Lahan</li> <li>• Rencana/Alokasi guna lahan komersial</li> </ul>

**Tabel 2** Perumusan Model dan Sub Model Sistem Dinamis Bangkitan dan Tarikan Pada Sistem Transportasi

No.	Causal Loop	Variabel yang mempengaruhi untuk masing-masing ruas jalan
1	Sub Model Transportasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak tempuh</li> <li>• Volume kendaraan pada waktu puncak</li> <li>• Tingkat pelayanan jalan</li> </ul>
2	Sub Model Populasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah Kematian</li> <li>• Jumlah Kelahiran</li> <li>• Migrasi masuk</li> <li>• Migrasi keluar</li> </ul>

## KESIMPULAN

Dari studi ini dapat diberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Meningkatnya aktivitas dan mobilitas masyarakat kota membutuhkan ruang gerak yang lebih luas. Permodelan sistem dinamis dapat digunakan sebagai suatu alat untuk mengestimasi kebutuhan ruang gerak tersebut, dengan variabel-variabel permodelan harus ditentukan terlebih dahulu sehingga jelas apa yang mau dinilai dan bagaimana data tersebut distrukturkan.
2. Data bangkitan, tarikan, moda, dan lalu lintas harus diuraikan dengan jelas karena sistem dinamis ini hanya merupakan sebuah alat bantu sehingga tingkat akurasi bergantung pada pembentukan model awal serta variabel penentunya. Permodelan dinamis tidak harus memodelkan seluruh sistem yang ada, namun dapat dibagi dalam beberapa sub model yang nantinya digabungkan sehingga lebih memudahkan dalam proses aplikasi dan input data.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. 1995. *Manajemen Transportasi*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Kuantan Graha, PT. 2008. *Laporan Akhir Tatrabil Provinsi Riau*. Pekanbaru.

- Lembaga Afiliasi Penelitian dan Industri. 2012. *Laporan Akhir Manajemen Transportasi Untuk Mengatasi Kemacetan Jalan Dengan Sistem Dinamik*. Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Morlok, E. K. 1985. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi* (terjemahan). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Parker, M. 2001. *Zooming in Traffic Micro Simulation*. Traffic Technology International. December 2001/January 2002: 70-72.
- Pemerintah Kota Pekanbaru. 2000. *Rencana Umum Tata Ruang Kota Pekanbaru*. Pekanbaru.
- Pursula, M. 1999. *Simulation of Traffic Systems - An Overview*. Journal of Geographic Information and Decision Analysis. 3 (1): 1-8.