

**PEMODELAN REVITALISASI KERETA API MENUJU URBAN
SUSTAINABLE TRANSPORTATION SYSTEM :
STUDI KASUS KOTA SURABAYA**

Nama mahasiswa : Angga Akbar fanani
NRP : 2511202002
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng
Co-Pembimbing : Erwin Widodo, ST, M.Eng. Dr.Eng

ABSTRAK

Surabaya adalah kota dengan jumlah penduduk terbesar kedua di Indonesia dengan nilai mencapai 3,110,187 orang menyebabkan kebutuhan mobilitas penduduk menjadi besar. Sistem transportasi di Surabaya saat ini memiliki beberapa permasalahan diantaranya kemacetan lalu lintas yang disebabkan pertumbuhan kendaraan bermotor yang tidak diimbangi penambahan kapasitas jalan secara memadai dan tingginya konsumsi bahan bakar minyak yang menyebabkan peningkatan polusi udara di kota Surabaya. Mengacu dari hasil pemetaan permasalahan yang dilakukan diperoleh bahwa pengalihan moda transportasi merupakan solusi alternatif yang dapat mengatasi permasalahan transportasi di kota Surabaya. Moda transportasi yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai solusi alternatif adalah kereta api dengan pertimbangan kapasitas angkut dan konsumsi bahan bakar per penumpang. Disisi lain KA memiliki banyak keterbatasan terkait dengan sarana dan prasarana penunjang operasional. Revitalisasi dalam penelitian ini dimaksudkan untuk meningkatkan daya guna kereta api dengan memasukan fungsi baru melalui penambahan sarana dan prasarana pendukungnya. Sistem transportasi adalah sistem yang kompleks di mana terdapat interaksi antar variabel yang berpengaruh terhadap aspek ekonomi, sosial dan lingkungan sehingga dipilih *system dynamic* untuk menyelesaikan permasalahan revitalisasi kereta api. Berdasarkan simulasi yang dilakukan kemudian dihasilkan beberapa skenario kebijakan untuk mewujudkan *urban sustainable transportation system* di kota Surabaya, yaitu: penambahan dan konversi stasiun penumpang, penambahan dan reaktifasi jalur KA, penambahan kapasitas parkir di stasiun KA, penambahan jadwal keberangkatan KA dan penambahan rangkaian KA. Sesuai dengan hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan skenario penambahan jadwal keberangkatan KA memberikan dampak yang positif terhadap aspek lingkungan dan aspek sosial. Sedangkan untuk aspek ekonomi masih terdapat *trade off* dengan skenario yang lain. Untuk mengatasi trade off tersebut maka dilakukan kombinasi skenario untuk mengukur dampak terhadap ketiga aspek sustainabilitas. Kombinasi skenario optimistik (penerapan peningkatan pada kelima skenario) dipilih karena memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aspek sustainabilitas secara signifikan.

Kata kunci : Sistem Dinamic, *Urban Sustainable Transportation System*, Revitalisasi, Kereta Api, Kebijakan.

MODELLING TRAIN REVITALIZATION TOWARD URBAN SUSTAINABLE TRANSPORTATION SYSTEM : CASE STUDY SURABAYA CITY

By : Angga Akbar fanani
Student Identity Number : 2511202002
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng
Co-Supervisor : Erwin Widodo, ST, M.Eng. Dr.Eng

ABSTRACT

Surabaya is the most populous city number 2 in Indonesia with a value of 3,110,187 causing the mobility needs of the population becomes large. The transportation system in Surabaya currently has several problems including traffic congestion caused by the growth of motor vehicles does not matched the addition of adequate road capacity and high consumption of fossil fuels is causing an increase in air pollution in the city of Surabaya. Referring to the problem of mapping results obtained that the transfer mode of transportation is an alternative solution to solve the problem of transportation in the city of Surabaya. Modes of transportation that have the potential to be used as an alternative solution is rail transport considering the number of capacity and fuel consumption per passenger. On the other hand KA has many limitations associated with the facilities and infrastructure for the operational activities. Revitalization in this study is intended to improve the usability of the train entering through the addition of new functions as the supporting infrastructure. Transportation system is a complex system where there are interactions between variables which affect the economic, social and environment aspects underlies in choosing system dynamic method to solve this problem. Based on the simulation generated several policy scenarios for realizing sustainable urban transportation system in the city of Surabaya, namely: the addition and conversion of passenger stations, additions and reactivation of the railway line, the addition of parking capacity at the railway station, the addition of scheduled departure and addition of KA KA series. In accordance with the results of the simulation showed that the addition of application scenarios train departure schedules have a positive impact terhadap environmental aspects and social aspects. As for the economic aspect there are trade-offs with other scenarios. To resolve the trade-off then made a combination of scenarios to measure the impact on the three aspects of sustainability. The combination of an optimistic scenario (application of an increase in the five scenarios) have been a significant influence on the sustainability aspect significantly.

Keywords : System Dinamic, Urban Sustainable Transportation System, Revitalization, Train, Policy.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Hubungan Interdependency Antar Aspek Dalam Sistem Transportasi	10
Gambar 2.2 Urutan Penyebab Terjadinya Kemacetan Lalu Lintas	12
Gambar 2.3 Penyebab Terjadinya Permasalahan Tingginya Konsumsi Bahan Bakar.....	13
Gambar 2.4 Mapping Masalah Terkait Kemungkinan Pemecahan Masalah.....	15
Gambar 2.5 Peta Jalur Kereta Api DAOP VIII Surabaya.....	19
Gambar 2.6 Alur Pemodelan System Dynamic	24
Gambar 2.7 Gap Penelitian dari Sudut Pandang Sustainable Transportation System.....	29
Gambar 2.8 Gap Penelitian dari Sudut Pandang Revitalisasi	31
Gambar 2.9 Posisi Penelitian	32
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian	36
Gambar 4.1 Ilustrasi Kondisi Pengoperasian Trem Di Kota Surabaya Masa Lalu	47
Gambar 4.2 Kondisi Jalur Kereta Api di Jl. Diponegoro Kota Surabaya	48
Gambar 4.3 Causal Loop Diagram	52
Gambar 4.4 Causal Tree Diagram Untuk Indeks Preferensi Kendaraan Pribadi...	53
Gambar 4.5 Causal Tree Diagram untuk Indeks Preferensi Kereta Api.....	53
Gambar 4.6 Stock and Flow Diagram Sub Model Populasi dan Kebutuhan Mobilitas Penduduk.....	56
Gambar 4.7 Stock and Flow Diagram untuk sub model indeks preferensi kendaraan pribadi (mobil dan sepeda motor)	58
Gambar 4.8 Stock and Flow Diagram untuk Emisi CO ₂	61
Gambar 4.9 Stock and Flow Diagram Untuk Sub Model Pendapatan Daerah.....	63
Gambar 4.10 Stock and Flow Diagram untuk Indeks Preferensi Kereta Api.....	65
Gambar 4.11 Ilustrasi proses formulasi model	66
Gambar 4.12 Verifikasi Formulasi Model	67
Gambar 4.13 Verifikasi Unit Model	68
Gambar 4.14 Perbandingan Kebutuhan Mobilitas Penduduk dengan Total Emisi CO ₂	70

Gambar 4.14 Perbandingan Kebutuhan Mobilitas Penduduk dengan Total Emisi CO ₂	70
Gambar 4.15 Uji Kondisi Ekstrim	71
Gambar 4.16 Populasi dan Kebutuhan Mobilitas	74
Gambar 4.17 Konsumsi Per Jenis BBM	76
Gambar 4.18 Emisi CO ₂ Dari Kegiatan Transportasi	76
Gambar 4.19 Biaya Operasional Pertahun Untuk Masing-Masing Moda Transportasi	77
Gambar 4.20 Subsidi BBM Untuk Kota Surabaya.....	78
Gambar 4.21 Kecepatan Kendaraan Di Jalan Raya	78
Gambar 4.22 Alokasi Waktu Untuk Kegiatan Transportasi	79
Gambar 4.23 Indeks Preferensi Permoda Transportasi.....	80
Gambar 5.1 Hasil Skenario terhadap Aspek Lingkungan.....	86
Gambar 5.2 Hasil Skenario terhadap Aspek Ekonomi	87
Gambar 5.3 Hasil Skenario terhadap Aspek Sosial	88

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 4-1	62
Persamaan 4-2	62
Persamaan 4-3	73

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang berbagai tinjauan terkait dengan permasalahan-permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Tinjauan yang dimaksudkan antara lain: penjelasan konsep *sustainable transportation system*, tinjauan mengenai kereta api, permasalahan transportasi di kota Surabaya, tinjauan mengenai revitalisasi dan tinjauan mengenai pemodelan *system dynamic*.

2.1. Konsep Urban Sustainable Transportation System

Secara umum pengertian dari *sustainability* adalah pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi yang akan datang untuk memenuhi kebutuhannya (Brundtland Commission, 1987). Berdasarkan definisi tersebut sustainability dari dunia merupakan kebutuhan yang disadari secara umum oleh masyarakat. Salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap sustainability dunia ini adalah sistem transportasi (Richardson, 2005). Hal ini dikarenakan bahwa transportasi mengkonsumsi 26% dari total penggunaan energi dunia dan menghasilkan 23% GHG (*green house gas*) di dunia.

Isu yang berkembang belakangan ini adalah bagaimana menciptakan *sustainable transportation system*. Terdapat beberapa definisi dari *sustainable transportation system* menurut Universitas Plymouth diantaranya yaitu:

- Memberikan akses transportasi kepada individu atau kelompok masyarakat secara aman serta menjamin kesehatan pengguna dan lingkungan, dan menjamin keberlangsungannya untuk generasi yang akan datang.
- Murah, dapat dioperasikan secara efisien dan memberikan nilai tambah secara ekonomi.
- Menghasilkan emisi dan sampah dibawah kemampuan bumi untuk mengolahnya, minimasi penggunaan sumber energi tak terbarukan, menggunakan komponen yang dapat digunakan kembali dan dapat didaur ulang, menggunakan ruang dan menghasilkan suara yang seminimal mungkin.

Secara umum terdapat 3 aspek yang dipertimbangkan dalam mengkaji *sustainable transportation system* dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Ekonomi : mendukung penghematan ekonomi melalui penghematan penggunaan sumber daya alam (*natural resources*). Sehingga bisa memberikan nilai tambah ekonomi yang sebesar-besarnya.
- Sosial : pemenuhan kebutuhan sosial dengan menyelenggarakan transportasi yang terjangkau, aman dan nyaman. Termasuk didalamnya penyediaan pilihan mobilitas untuk semua orang (termasuk masyarakat dengan keterbatasan ekonomi) dan membangun insfrastruktur yang merupakan asset bagi masyarakat.
- Lingkungan : menghasilkan solusi yang dapat mempertahankan kondisi lingkungan, mengurangi emisi dan polusi dari sistem transportasi, dan mengurangi penggunaan sumber daya untuk mendukung transportasi.

Bagaimanapun juga dalam sebuah sistem transportasi aspek didalamnya saling berinteraksi dan mempengaruhi sehingga membentuk sebuah sistem yang kompleks. Hubungan interaksi antar aspek diilustrasikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi Hubungan Interdependency Antar Aspek Dalam Sistem Transportasi (AASHTO, 2009)

2.2. Kereta Api

Kereta api menurut Undang-Undang No.13 Tahun 1992 adalah kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel. Asas dalam penyelenggaraan perkeretaapian sebagai salah satu moda transportasi nasional berdasar pada asas manfaat, adil dan merata, keseimbangan, kepentingan umum, keterpaduan, dan percaya pada diri sendiri. Sedangkan tujuan dari penyelenggaraan perkeretaapian adalah untuk memperlancar perpindahan orang

atau barang secara masal, menunjang pemerataan, pertumbuhan dan stabilitas serta sebagai pendorong dan penggerak pembangunan nasional.

Perkeretaapian dikuasai oleh negara dan pembinaanya dilakukan oleh pemerintah. Pembinaan perkeretaapian diarahkan untuk meningkatkan perantara angkutan kereta api dalam keseluruhan moda transportasi secara terpadu. Penyelenggara perkeretaapian adalah pemerintah dan pelaksanaanya diserahkan kepada badan penyelenggara. Saat ini lembaga yang diberi wewenang oleh pemerintah sebagai badan penyelenggara perkeretaapian adalah PT Kereta Api Indonesia (PT KAI) persero.

Pemerintah selaku penyelenggara perkeretaapian memiliki tanggung jawab terkait perkeretaapian. Tanggung jawab pemerintah terkait dengan sistem perkeretaapian menurut UU No 13 tahun 1992 adalah:

- Melakukan pembinaan untuk meningkatkan peran serta angkutan kereta api dalam keseluruhan moda transportasi secara terpadu.
- Dalam kaitan dengan prasarana dan sarana perkeretaapian pemerintah berkewajiban menyediakan dan merawat prasarana kereta api.
- Pemerintah berkewajiban melakukan rancang bangun dan rekayasa perkeretaapian.
- Pemerintah berkewajiban mengatur jalur kereta api demi menjamin keselamatan dan kelancaran kereta api.

2.3. Kondisi Sistem Transportasi Kota Surabaya Saat ini

Dalam kesehariannya kondisi eksisting sistem transportasi di Surabaya masih terdapat banyak permasalahan. Berdasarkan hal tersebut dalam Sub Bab ini akan dijelaskan secara terperinci masing-masing permasalahan pada sistem transportasi di Surabaya.

2.3.1. Kemacetan lalu lintas

Kemacetan merupakan permasalahan transportasi yang paling umum pada kota dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Menurut Firmansyah (2009) menjelaskan bahwa kemacetan merupakan salah satu permasalahan terbesar dalam manajemen lalu lintas. Titik kemacetan sering kali berada di kawasan perkotaan khususnya di daerah perdagangan (*Central Business District / CBD*). Kemacetan lalu lintas secara terpisah berhubungan dengan peningkatan penggunaan motor dan mobil dalam sistem transportasi, yang akan meningkatkan permintaan infrastruktur transportasi. Namun demikian laju penyediaan

infrastruktur seringkali tidak mampu mengimbangi laju kenaikan jumlah kendaraan. Ketidakseimbangan laju penambahan jumlah kendaraan dan laju penambahan panjang jalan akan berdampak pada peningkatan pada angka kepadatan kendaraan. Permasalahan kemacetan lalu lintas berhubungan erat dengan ratio kepadatan lalu lintas atau *traffic density ratio* (TDR). TDR dapat diartikan sebagai perbandingan volume kendaraan terhadap lebar jalan. Semakin padat kondisi jalan maka akan semakin menurunkan kecepatan gerak dari kendaraan, penurunan kecepatan kendaraan inilah yang disebut dengan kemacetan bila kurang dari nilai tertentu dan disebut macet total bila mencapai kecepatan nol atau tidak bergerak sama sekali untuk waktu tertentu. Jumlah kendaraan bermotor baik mobil maupun sepeda motor saling berkorelasi dalam peningkatan kebutuhan infrastruktur dan ruang parkir. Jadi terdapat beberapa solusi untuk mengurangi permasalahan kemacetan diantaranya yaitu:



Gambar 2.2 Urutan Penyebab Terjadinya Kemacetan Lalu Lintas

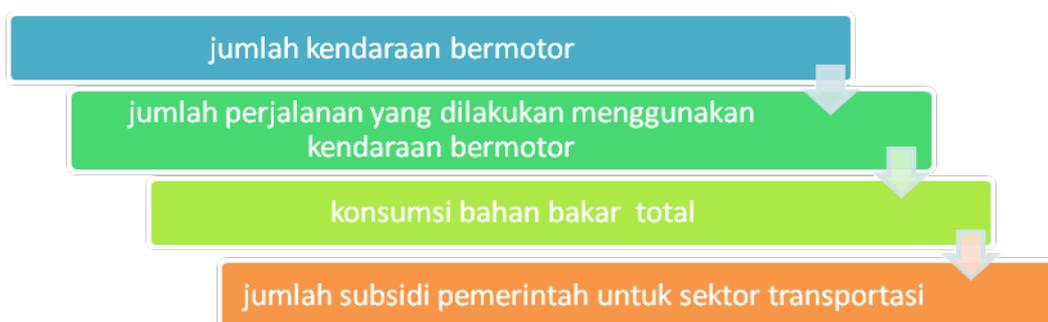
Berdasarkan analisa dan studi literature yang dilakukan didapatkan beberapa alternatif pemecahan masalah kemacetan lalu lintas. Alternatif pemecahan masalah kemacetan lalu lintas dapat disajikan sebagai berikut:

- pengalihan moda transportasi
- pembatasan jumlah kendaraan bermotor
- penambahan jalan
- perbaikan management transportasi

2.3.2. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar berkorelasi dengan total jumlah kendaraan. Jumlah kendaraan akan meningkatkan pengali untuk jumlah perjalanan yang dilakukan menggunakan kendaraan. Jumlah perjalanan yang dilakukan dengan menggunakan kendaraan akan berhubungan langsung dengan jumlah konsumsi

bahan bakar. Besarnya konsumsi total bahan bakar minyak dikalikan subsidi per liter akan menghasilkan jumlah subsidi negara untuk energi pada sektor transportasi. Kondisi pada tahun 2012 realisasi penyaluran BBM subsidi secara nasional dalam empat bulan ini telah mencapai 14,1 juta kiloliter atau lebih 7,4 persen dari kuota pada periode berjalan yang ditetapkan sebesar 13,2 juta kiloliter (Harun, 2012). Padahal seperti yang kita ketahui saat ini bahwa Indonesia merupakan pengimpor bahan bakar minyak. Mengingat begitu besarnya efek dari permasalahan tingginya konsumsi bahan bakar seharusnya mendapatkan perhatian yang tinggi agar bisa segera diselesaikan. Penyebab dari permasalahan tingginya konsumsi bahan bakar pada sektor transportasi disajikan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Penyebab Terjadinya Permasalahan Tingginya Konsumsi Bahan Bakar

Berdasarkan analisa dan studi literatur yang dilakukan didapatkan beberapa alternatif pemecahan masalah tingginya konsumsi bahan bakar pada sektor transportasi. Alternatif pemecahan masalah tingginya konsumsi bahan bakar adalah sebagai berikut:

- pengalihan moda transportasi
- pembatasan jumlah kendaraan bermotor
- diversifikasi bahan bakar

2.3.3. Polusi Udara

Pencemaran udara dapat diartikan sebagai hadirnya di dalam atmosfer atau udara luar, satu atau lebih kontaminan (bahan pencemar) udara, atau kombinasinya dalam jumlah dan waktu sedemikian yang cenderung melukai atau menyakitinya manusia. Emisi adalah zat, energy dan atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan atau dimasukkan ke dalam udara ambient yang mempunyai dan atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur

pencemar (PP No. 41 Tahun 1999). Transportasi merupakan sumber utama dari pencemaran udara di pusat perkotaan (Ismayanti, et al. 2010). Dalam penerapannya kegiatan transportasi menyumbangkan berbagai macam jenis emisi udara. Kegiatan transportasi menyumbangkan kira-kira 45%, 50% dan 90% dari NO_x, total HC dan Emisi CO (Olsson, 1994). Gas CO_x sebagai emisi terbesar yang dihasilkan dari kegiatan transportasi.

Polusi termasuk didalamnya emisi CO₂ yang diakibatkan oleh transportasi menjadi tantangan terhadap kualitas hidup dan kesehatan dari penduduk kota. Emisi karbon khususnya gas CO₂ merupakan Gas Rumah Kaca (GRK) yang dapat memperbesar Efek Rumah Kaca (ERK) yang pada akhirnya akan dapat meningkatkan suhu rata-rata permukaan bumi yang dikenal juga dengan pemanasan global. (SME-ROI, 1996). Daya cemar CO₂ yang tinggi terhadap lingkungan menjadi pertimbangan menjadikan kadar CO₂ penting untuk dipertimbangkan.

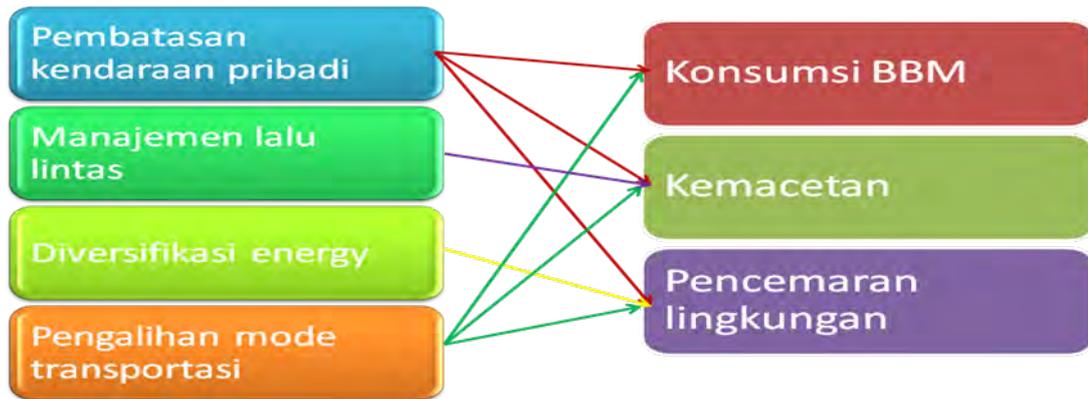
Terdapat beberapa rumusan yang dapat dijadikan dasar untuk menghitung besaran emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi. Pada 2006 IPCC menerbitkan standar mengenai faktor emisi dari tiap jenis bahan bakar berkaitan dengan Gas Rumah Kaca (GRK) dari berbagai sektor. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat faktor emisi dari tiap jenis bahan bakar dari sektor transportasi darat.

2.3.4. Rencana Pemecahan Masalah

Berdasarkan penjabaran permasalahan transportasi di kota Surabaya dapat disimpulkan bahwa dalam sistem transportasi di Surabaya saat ini memiliki banyak permasalahan. Permasalahan yang disajikan disini adalah permasalahan utama, sebenarnya masih terdapat banyak permasalahan yang merupakan masalah turunan dari permasalahan utama tersebut. Sehingga diperlukan tabulasi masalah yang saat ini terjadi agar bisa menggambarkan kondisi eksisting dari sistem transportasi di Surabaya. Tabulasi dari permasalahan pada sektor transportasi di kota Surabaya adalah sebagai berikut:

- kemacetan lalu lintas
- konsumsi BBM yang melebihi batas
- tingginya emisi

Setelah dilakukan tabulasi masalah, langkah selanjutnya melakukan mapping masalah dihubungkan dengan kemungkinan solusi pemecahan masalah. *Mapping* dari permasalahan dan kemungkinan solusi pemecahan disajikan dalam gambar 6 dibawah ini.



Gambar 2.4 Mapping Masalah Terkait Kemungkinan Pemecahan Masalah

Berdasarkan mapping masalah dihubungkan dengan alternative solusi yang mungkin dilakukan akan dibahas beberapa solusi yang feasible untuk penyelesaian masalah. Terdapat 4 solusi masalah yang bisa dijadikan masukan bagi simulasi sistem dinamik.

1. Pembatasan kendaraan pribadi

Pembatasan kendaraan pribadi merupakan solusi yang bisa memecahkan ketiga masalah transportasi yang ada yaitu tingginya konsumsi BBM, kemacetan lalu lintas dan pencemaran lingkungan dikarenakan emisi. Namun penerapan kebijakan ini menyisakan permasalahan baru terkait moda yang digunakan masyarakat dalam melakukan mobilitas (Jifeng, 2008). Berdasarkan hal tersebut pembatasan kendaraan pribadi tidak bisa dijadikan solusi utama (satu-satunya solusi).

2. Manajemen lalu lintas

Manajemen lalu lintas yang dimaksud disini adalah perbaikan pengaturan jalan raya. Pada tahun 2006 Goldman dan Gorham meneliti penerapan kebijakan perbaikan manajemen lalu lintas yaitu kebijakan pajak kemacetan dan penegakan peraturan lalu lintas. Sehingga perbaikan manajemen lalu lintas hanya dapat meminimasi terjadinya kemacetan walaupun tidak bisa menghilangkannya, karena akar dari kemacetan adalah kepadatan kendaraan. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa perbaikan manajemen lalu lintas harus didukung kebijakan lain yang lebih mendasar

menyangkut akar masalah transportasi yaitu penambahan jumlah kendaraan yang pesat.

3. Diversifikasi energi

Diversifikasi energi yang dimaksud disini adalah pengalihan jenis bahan bakar yang digunakan saat ini yaitu bahan bakar minyak menjadi bahan alternative bahan bakar lainnya seperti listrik, biodiesel atau yang lainnya. Berdasarkan mapping masalah didapatkan bahwa diversifikasi energi yang getol dikampanyekan oleh menteri BUMN saat ini hanya menyelesaikan permasalahan tingginya emisi dari sektor transportasi, hal ini dikarenakan kadar emisi dari bahan bakar alternative (listrik) yang relatif rendah bila dibandingkan dengan bahan bakar minyak. Beberapa penelitian telah dilakukan berkaitan dengan diversifikasi energy diantaranya (Wenpei, et al, 2011) dan (Habibi, 2012). Kesimpulan yang didapat adalah diversifikasi energy hanya mengatasi permasalahan *Sustainable Transportation System* pada sektor emisi dan besaran subsidi yang dikeluarkan pemerintah. Namun menyisakan permasalahan transportasi yang lain yaitu kemacetan. Namun demikian solusi diversifikasi energi ini masih bisa dijadikan sebagai solusi pendukung walaupun bukan solusi utama.

4. Pengalihan moda transportasi

Pengalihan moda transportasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah pengalihan moda transportasi saat ini dari yang berorientasi pada kendaraan pribadi menjadi lebih berorientasi kepada transportasi umum. Han pada tahun 2008 melakukan kajian mengenai pengalihan moda transportasi pada transportasi antar kota di China. Berdasarkan *review* dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa dengan pengalihan moda transportasi dari transportasi berbasis jalan raya menjadi moda transportasi kereta api mampu menyelesaikan permasalahan transportasi di China. Berdasarkan hasil dari *mapping* didapatkan bahwa alternatif solusi pengalihan moda transportasi disini dapat menyelesaikan permasalahan yang ada pada eksisting sistem transportasi di Surabaya yaitu tingginya konsumsi bahan bakar, kemacetan lalu lintas, dan tingginya emisi dari sektor transportasi. Sehingga dengan demikian solusi pengalihan moda transportasi ini layak dijadikan solusi utama untuk mewujudkan *sustainable transportation system* di kota Surabaya.

2.4. Keterkaitan Revitalisasi Kereta Api dengan Urban Sustainable Transportation System

Berdasarkan dari tahap tahap pemetaan masalah terkait dengan kemungkinan solusi pemecahan didapatkan bahwa pengalihan moda transportasi dapat dijadikan solusi utama untuk menyelesaikan permasalahan transportasi di kota Surabaya. Berdasarkan hal tersebut yang menjadi bahan diskusi selanjutnya adalah moda transportasi apakah yang akan dijadikan sebagai input pada simulasi kebijakan transportasi.

Tabel 2.1 Perbandingan Pemakaian BBM Antar Moda Angkutan

No.	Moda Transportasi	Volume Angkut	Konsumsi Energi / Km	Konsumsi Energi BBM / Orang
1.	Kereta Api	1500 Orang	3 Liter	0,002 Liter
2.	Bus	40 Orang	0,5 Liter	0,0125 Liter
3.	Pesawat Terbang	500 Orang	40 Liter	0,08 Liter
4.	Kapal Laut	1500 Orang	10 Liter	0,006 Liter

Sumber : PT KAI (Persero)

Pada tabel 2.2 disajikan perbandingan konsumsi bahan bakar dan kapasitas per moda transportasi. Keempat moda tersebut diantaranya yaitu: kereta api, bus, pesawat terbang dan kapal laut, namun yang layak untuk diperbandingkan sebagai rekomendasi sebagai moda transportasi perkotaan hanya bus dan kereta api. Berdasarkan tabel diatas didapatkan bahwa kapasitas angkut kereta per pemberangkatan adalah sebesar 1500 orang sedangkan kapasitas angkut untuk bus sebesar 40 orang. Kemudian dilihat dari konsumsi BBM per penumpang dari kereta api adalah 0,002 liter sedangkan untuk bus konsumsi per penumpang adalah sebesar 0,0125.

Sebagai gambaran saat ini di Kota Surabaya sudah beroperasi 3 kereta komuter untuk melayani kebutuhan transportasi di daerah urban kota Surabaya. Ketiga jenis kereta komuter tersebut diantaranya yaitu:

1. Kereta Delta Ekspres (Kereta Komuter Surabaya Sidoarjo)
2. Kereta Rel Diesel (KRD) Surabaya - Lamongan (SULAM)
3. Kereta Rel Diesel (KRD) Surabaya – Mojokerto (SUMO)

Keunggulan lain dari penggunaan kereta api adalah terkait dengan waktu tempuh. Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh PT KAI DAOP VIII pada

tahun 2004 didapatkan hasil bahwa waktu tempuh Kereta Rel Diesel (KRD) Delta Ekspres atau yang biasa disebut Komuter Surabaya-Sidoarjo (SuSi) dari Stasiun Surabaya Kota hingga Stasiun Porong dapat ditempuh dalam waktu 1 jam 15 menit. Pada percobaan tersebut juga disebutkan bahwa dengan penggunaan moda transportasi yang berbeda dengan destinasi yang sama akan membutuhkan waktu tempuh berkisar antara 2 jam. Berdasarkan kondisi tersebut dapat dikatakan bahwa kereta api merupakan moda transportasi yang efisien ditinjau dari segi waktu tempuh.

Harga yang murah merupakan keunggulan lain dari moda transportasi kereta api komuter yang digunakan di daerah perkotaan Surabaya. Dalam operasional harian tiket kereta api komuter untuk ketiga jenis rute, baik Surabaya-Sidoarjo, Surabaya-Lamongan dan Surabaya-Mojokerto dijual dengan harga Rp 2000,-. Angka tersebut relatif lebih murah jika dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk biaya perjalanan menggunakan moda transportasi lain. Padahal kereta api merupakan moda transportasi yang terbilang mandiri atau tidak terlalu membebani keuangan Negara. Pada tahun 2012 total subsidi yang dialokasikan pemerintah untuk PT KAI hanya sebesar Rp 700.000.000.000,- jauh lebih kecil dibandingkan dengan total subsidi untuk BBM yaitu sebesar Rp 300.000.000.000.000,- (Zakaria, 2013).

Pada masa penjajahan Belanda hingga tahun 1960 Surabaya merupakan kota dengan jaringan kereta api terlengkap bersama dengan Jakarta, seperti terlihat ada peta jalur KA (gambar 2.5). Bahkan pada masa penjajahan Belanda di Surabaya dioperasikan trem dengan tenaga listrik di tengah kota Surabaya (Bapersip, 2011). Pada 15 Mei 1923 diperasikan trem dengan tenaga listrik dengan jalur sebagai berikut :

1. Wonomromo - Willemsplein
2. Goebeng Boeleward - Simpangplein - Palmlaan – Willemsplein
3. Stasiun Goebeng SS – Sawahan
4. Willemsplein - Pelabuhan Baru

Saat ini jalur trem yang dibangun pada masa pendudukan Belanda tersebut sudah tidak diaktifkan. Hal ini mengindikasikan bahwa kebijakan pemerintah pada waktu itu kurang berpihak pada kereta api.

ini pemberangkatan dan pemberhentian penumpang yaitu stasiun Waru, stasiun Wonokromo, stasiun Gubeng, stasiun Surabaya Kota dan stasiun Pasar Turi.

Tabel 2.2 Daftar Stasiun yang Ada di Kota Surabaya

No	Stasiun	status	keterangan
	Stasiun Besar		
1	Stasiun Wonokromo	Aktif	Stasiun penumpang
2	Stasiun Gubeng	Aktif	Stasiun penumpang
3	Stasiun Surabaya Kota	Aktif	Stasiun penumpang
4	Stasiun Sidotopo	Aktif	Depo pemeliharaan
5	Stasiun Pasar Turi	Aktif	Stasiun penumpang
	Stasiun Kecil		
6	Stasiun Waru	Aktif	Stasiun penumpang
7	Halte Kertomenanggal	Aktif	Stasiun penumpang
8	Halte Jemursari	Aktif	Stasiun penumpang
9	Halte Margorejo	Aktif	Stasiun penumpang
10	Halte Ngagel	Aktif	Stasiun penumpang
11	Stasiun Benteng	Aktif	Stasiun peti kemas
12	Stasiun Mesigit	Tidak aktif	-
13	Stasiun Kalimas	Tidak aktif	-
14	Stasiun Tandes	Aktif	Stasiun penumpang
15	Stasiun Kandangan	Aktif	Stasiun penumpang
16	Stasiun Benowo	Aktif	Stasiun penumpang

Sumber : PT KAI (Persero)

Permasalahan selanjutnya pada sistem transportasi kereta api di kota Surabaya adalah pada Kereta Api Komuter di kota Surabaya yang mulai dioperasikan pada tahun 2004. Saat ini jumlah jalur yang bisa dilayani kereta api adalah sebanyak 3 jalur,. Pada masing-masing jalur jumlah jadwal keberangkatan yang bisa dilakukan adalah sebanyak 14 keberangkatan. Namun saat ini jumlah keberangkatan yang dilakukan hanya sebanyak 18 kali keberangkatan dari 42 keberangkatan yang bisa dilakukan. Berdasarkan data tersebut terlihat kurang adanya keberpihakan dan kebijakan untuk menjadikan kereta api sebagai sarana transportasi perkotaan dengan ketersediaan yang mencukupi kebutuhan penggunanya. Hal inilah yang diidentifikasi sebagai penyebab keengganan masyarakat menggunakan kereta api. Sehingga diperlukan sebuah langkah untuk menjadikan kereta api menjadi moda transportasi yang efisien dan tepat waktu dan menarik bagi masyarakat untuk menggunakannya.

Dengan memperhatikan potensi kereta api dan permasalahan yang ada pada sistem perkereta apian di kota Surabaya didapatkan bahwa kereta api merupakan moda transportasi yang layak untuk dijadikan solusi untuk

mengenerate skenario kebijakan untuk mewujudkan *Urban Sustainable Transportation System* di kota Surabaya melalui revitalisasi.

2.5. Revitalisasi

Revitalisasi menurut piagam Burma (1988) merupakan penghidupan kembali kegiatan sosial dan ekonomi bangunan atau lingkungan bersejarah yang sudah kehilangan vitalitas fungsi aslinya, dengan memasukan fungsi baru kedalamnya sebagai daya tarik, agar bangunan atau lingkungan tersebut menjadi hidup kembali. Dalam konteks kereta api dapat diartikan sebagai upaya untuk menghidupkan kembali kegiatan sosial dan ekonomi dari moda transportasi kereta api yang sudah kehilangan vitalitas fungsi aslinya, dengan memasukan fungsi baru kedalamnya sebagai daya tarik, agar moda transportasi kereta api menjadi hidup kembali.

Proses revitalisasi bukan hanya berorientasi pada keindahan pada keindahan fisik, tetapi juga harus mampu meningkatkan stabilitas lingkungan, pertumbuhan ekonomi masyarakat pelestarian dan pengenalan budaya (Ichwan 2004). Proses revitalisasi tidak hanya berorientasi pada perbaikan sarana fisik dari infrastruktur perkeretapiian tetapi juga harus mampu mendukung tercapainya fungsi pokok dari sistem transportasi yaitu mendukung kehidupan sosial dan pertumbuhan ekonomi masyarakat.

Terdapat langkah-langkah dalam proses revitalisasi sehingga dapat mengembalikan fungsi atau identitas sebuah objek kembali seperti fungsi atau identitas objek tersebut ketika dibangun. Tahapan dalam melakukan revitalisasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Intervensi fisik

Memungkinkan adanya sarana fisik baru pada infrastruktur perkereta apian namun berupaya merancang integrasi dengan sistem lama yang sudah ada sebelumnya. Dalam konteks perkereta apian pembangunan fisik yang mungkin dilakukan menurut pihak PT KAI Daops VII diantaranya yaitu penambahan jalur kereta api, penambahan stasiun yang ada, penambahan armada kereta api.

2. Rehabilitasi ekonomi

Perbaikan fisik pada sarana transportasi kereta api yang bersifat jangka pendek diharapkan bisa mengakomodasi kegiatan ekonomi informal dan formal (*local economic development*), sehingga mampu memberikan nilai tambah bagi ekonomi kota secara umum. Perbaikan yang mungkin dilakukan yaitu penyediaan sarana transportasi yang terjangkau secara ekonomi bagi masyarakat.

3. Rehabilitasi sosial atau institusional

Kegiatan yang dilakukan tidak hanya bertujuan untuk memperbaiki sarana yang ada namun juga meningkatkan dinamika dan kehidupan sosial masyarakat. Aspek yang terkait dengan rehabilitasi sosial kereta api adalah kenyamanan keamanan dan aksesibilitas bagi seluruh masyarakat.

2.6. Konsep Pemodelan Sistem Dinamik

Pembahasan mengenai pemodelan tidak terlepas dari pembelajaran mengenai sistem. Telah banyak penelitian yang memberikan definisi terkait system, dimana masing-masing definisi yang diberikan tidaklah sama namun hal inilah yang menjadikan pembelajaran mengenai sistem menjadi menarik untuk dibahas. Blanchard, dalam Harrell dkk. (2004) menyatakan bahwa sistem adalah sekumpulan elemen-elemen yang berfungsi secara bersama-sama untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Muhammadi dkk. (2001) memberikan definisi pada sistem yaitu keseluruhan interaksi antar unsur dari sebuah obyek dalam batas lingkungan tertentu yang bekerja secara bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu.

Pembelajaran mengenai sistem memerlukan media untuk mempermudah dalam menggambarkan dan memahami sistem yang menjadi objek amatan dan pembelajaran. Menurut Forrester (1961), model merupakan dasar dari eksperimen yang relatif murah dan lebih menghemat waktu dibandingkan jika melakukan percobaan pada sistem nyata. Pembuatan model dapat dilakukan secara manual maupun dengan bantuan *software* computer. Menurut Khasana (2010), dalam

pembuatan model simulasi, hal yang penting dilakukan adalah mendefinisikan permasalahan yang akan diteliti, menentukan batasan permasalahan dan *time horizon* pengamatan serta mendapatkan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap sistem amatan untuk membuat hipotesis mengenai perilaku sistem yang dimodelkan.

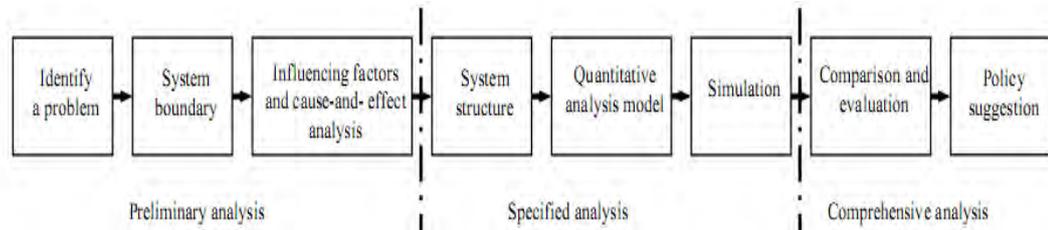
Mempertimbangkan rentang waktu yang panjang dan lingkup masalah yang luas pada sebagian objek amatan, maka diperlukan sebuah mekanisme yang murah dan cepat dapat mengetahui apakah sistem yang dimodelkan sesuai dengan perilaku di kehidupan nyata atau tidak. Sehingga simulasi dipandang merupakan salah satu mekanisme yang dapat digunakan. Harrell dkk. (2004) mengemukakan bahwa simulasi adalah tiruan dari suatu sistem dinamis. Menggunakan model komputer dengan tujuan untuk mengevaluasi dan memperbaiki kinerja sistem. Pertimbangan pemilihan simulasi karena lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan cara *trial-and-Error*. Pada penelitian berbasis simulasi, peneliti dapat menghindari biaya yang tinggi, banyak waktu yang terbuang serta sifat disruptive dari cara *trial-and-Error*.

Sebuah metode yang cocok digunakan untuk memodelkan sebuah sistem yang kompleks yaitu sistem dinamik. Wang (2008) menyatakan bahwa metode kuantitatif linier biasa tidak cocok untuk menganalisa sistem kompleks. Dan di penelitian itu juga direkomendasikan sistem dinamik karena cocok untuk memodelkan sistem yang kompleks yaitu sistem dengan banyak variable dan loop umpan balik antar sub sistem dan faktor yang berpengaruh. Wang (1998) memberikan definisi dari sistem dinamik adalah pendekatan yang berdasar atas teory umpanbalik, dilengkapi dengan teknologi simulasi computer dan digunakan pada penelitian kuantitatif pada bidang socioekonomik yang kompleks.

Menurut Wang (2008) sistem dinamik dikembangkan dengan mempertimbangkan loop umpan balik, variable dan persamaan. Loop umpan balik diantikan sebagai sebuah rantai tertutup dari hubungan sebab akibat. Variabel yang dipertimbangkan dari sistem dinamik yaitu: (i) Level variable, merupakan akumulasi dari *flow* dalam satu periode tertentu; (ii) Rate variable, merepresentasikan *flow* selama periode tertentu; (iii) Auxiliary variable, merupakan variable untuk mengidentifikasi *rate variable*. Ketiga jenis variable

dihubungkan melalui persamaan seperti integral, differensial dan lain sebagainya.

Tahapan dalam pemodelan *System Dynamics*



Gambar 2.6 Alur Pemodelan System Dynamic

Sumber : (Jifeng,2008)

Mencermati umpan balik terdapat dua jenis hubungan, umpan balik positif dan umpan balik negatif. Dalam bukunya, Muhammadi et al (2001), penentuan jenis umpan balik positif dan negatif terlebih dahulu harus ditentukan mana yang menjadi sebab dan mana yang menjadi akibat. Selanjutnya diketahui jenis akibat yang ditimbulkan oleh sebab yaitu searah (positif) atau berlawanan arah (negatif). Akibat yang positif adalah jika satu komponen menimbulkan penambahan dalam komponen lainnya sedangkan negatif jika satu komponen mengakibatkan pengurangan dalam komponen lainnya. Proses selanjutnya adalah merangkai hubungan sebab-akibat menjadi sistem tertutup sehingga menghasilkan simpal-simpal (*loops*). Untuk menentukan *loops* tersebut positif atau negatif harus dilihat apakah keseluruhan interaksi menghasilkan proses searah (tumbuh) atau berlawanan arah (penurunan). *Loops* positif ditandai dengan adanya proses yang sifatnya tumbuh sedangkan negatif berarti kebalikannya yaitu adanya proses penurunan.

2.7. Study Hasil Penelitian Sebelumnya

Sub bab ini akan berisi penjabaran dari penelitian-penelitian terdahulu berkaitan dengan topik yang menjadi bahasan dalam thesis ini. Beberapa topik yang menjadi bahasan diantaranya yaitu sustainable transportation dan konsep revitalisasi.

2.7.1. Penelitian Sustainable Transportation

Beberapa peneliti telah memeberikan kontribusi mengenai *Urban Transportation System*. Pada tahun 1976, dalam jurnal yang ditulis oleh Horowitz, telah diidentifikasi bahwa penggunaan mobil secara luas telah mengakibatkan

munculnya permasalahan lingkungan dan ekonomi di perkotaan diantaranya yaitu: kualitas udara yang jelek, konsumsi bahan bakar yang tinggi, kemacetan lalu lintas, kecelakaan lalu lintas, kekacauan kota akibat dari pembangunan jalan layang. Hal ini menjadi permasalahan yang kompleks dikarenakan pada saat itu mobil digunakan oleh 90% orang yang melakukan perjalanan. Dengan tingginya penggunaan mobil hal ini akan mendorong kebutuhan penambahan jalan baru. Terbukti bahwa pada tahun 1957- 1970 pengeluaran pemerintah federal mencapai 21 miliar USD, sebuah angka yang sangat besar. Horowitz menyadari bahwa sampai kapanpun penambahan jumlah jalan tidak akan bisa mengimbangi laju penambahan jumlah kendaraan. Pada penelitian tersebut horowitz merekomendasikan solusi yaitu pengurangan penggunaan mobil di perkotaan.

Permasalahan *Sustainable Transportation* berkembang dari permasalahan yang sama yaitu peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang sangat pesat. Berdasarkan hal tersebut bermunculan penelitian-penelitian baru untuk mendefinisikan ulang mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sistem transportasi. Pada tahun 2005, Richardson menyajikan sebuah kerangka kerja yang mengilustrasikan interaksi faktor yang berpengaruh terhadap indikator sustainabilitas dari sistem transportasi, identifikasi peluang untuk intervensi kebijakan dan mengilustrasikan kemungkinan terjadinya konsekuensi yang tidak diharapkan dan tradeoff pada sesama indikator. Kerangka kerja yang dibuat mempertimbangkan hubungan yang sistematis, umpan balik, *rebound effect* dari setiap perubahan pada sistem. Kerangka kerja yang dibuat mencakup transportasi penumpang dan barang. Yang menarik dari penelitian ini adalah temuan bahwa faktor sosial sangat berpengaruh terhadap indikator sustainabilitas sedangkan di transportasi barang tidak.

Pengaplikasian metode yang sesuai sangat membantu dalam memecahkan permasalahan *sustainable transportation* yang memiliki kompleksitas yang cukup tinggi. Wang (2008) meneliti Sistem Transportasi perkotaan adalah sistem yang kompleks dengan beberapa variabel dan loop umpan balik nonlinier dan dipengaruhi oleh transportasi, faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Pendekatan pemodelan transportasi konvensional tidak cocok untuk mensimulasikan dan mengevaluasi kinerja dari sistem transportasi. Makalah

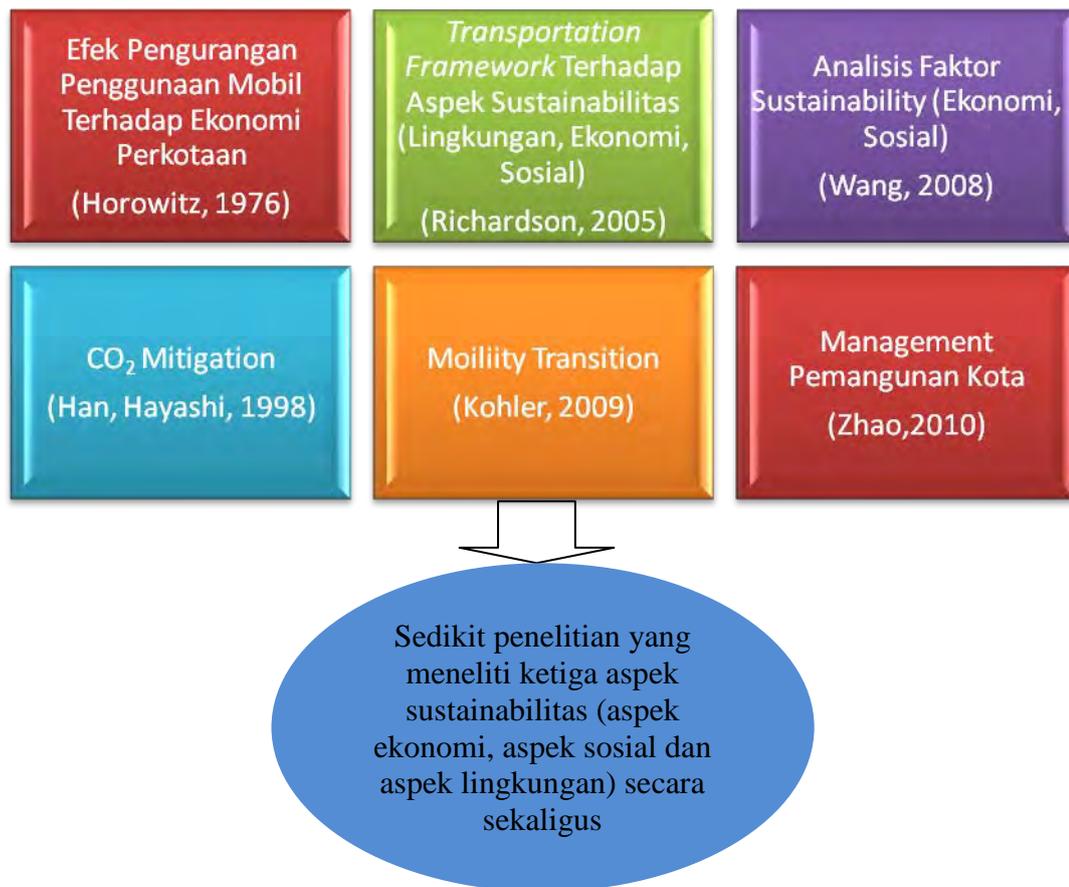
ini menyajikan sebuah pendekatan sistem dinamik berdasarkan pada analisis sebab-akibat dan struktur loop umpan balik. Model SD yang diusulkan terdiri dari 7 submodels: populasi, pembangunan ekonomi, jumlah kendaraan, pengaruh lingkungan, permintaan perjalanan, pasokan transportasi, dan kemacetan lalu lintas. Model ini disimulasikan di software Vensim PLE menggunakan data dari Dalian, Cina. Koefisien kebijakan intervensi kepemilikan kendaraan yang dipilih sebagai variabel kontrol untuk simulasi, dan dampak dari skenario kebijakan yang berbeda pada pembangunan perkotaan dan sistem transportasi yang dianalisis. Ini menunjukkan bahwa Dalian harus membatasi jumlah kendaraan untuk meningkatkan keberlanjutan sistem transportasi.

Penelitian Wang yang menggunakan methodology system dynamic diperkuat oleh penelitian dari Han dan Hayashi pada tahun 1998 yang meneliti mengenai pengurangan emisi greenhouse gas (GHG), hal ini akan menjadi permasalahan yang penting khususnya di negara berkembang. Pada penelitian ini mengambil studi kasus transportasi penumpang antar kota di China. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metodologi sistem dinamik untuk penentuan kebijakan dan analisa potensi pengurangan emisi CO₂. Pada penelitian ini didapatkan bahwa transportasi merupakan mengkonsumsi 26% total energi dunia dan menghasilkan 23% GHG di dunia. Hasil dari penentuan kebijakan dan analisa scenario pengurangan emisi CO₂ menggunakan model system dynamic didapatkan bahwa percepatan pembangunan jaringan kereta api, perlambatan pada pembangunan jaringan jalan layang dan pemberlakuan pajak bahan bakar merupakan instrument yang berpengaruh significant dalam rangkai mengurangi emisi CO₂.

Kemudian pada tahun 2009, Kohler, et al, menganalisa mengenai pembangunan model untuk menentukan transisi pada *sustainable mobility*. Model dikembangkan dengan menggunakan teori transisi sebagai sebuah *framework* untuk menentukan cara yang memungkinkan terjadinya transisi menuju *sustainable mobility*. Pendekatan dalam pembangunan model menggunakan kombinasi *agent based modeling* dan struktur *system dynamic*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kendaraan berbahan bakar *fuel cell* (FCV) menjadi dominan namun pada jangka waktu panjang (setelah 2030), dimana

hybrid antara biofuels dan ICE *electric* akan menjadi *alternative* bahan bakar 10 sampai 30 tahun kedepan, hal ini dikarenakan a) teknologi ini sudah tersedia dan b) lebih sesuai untuk infrastruktur saat ini. Model menunjukkan bahwa factor teknologi merupakan factor pendukung utama. Perubahan gaya hidup membutuhkan tekanan secara terus menerus dari lingkungan perubahan perilaku dari konsumen.

Zhao (2010) menganalisa efek yang diakibatkan perluasan kawasan perkotaan menyangkut sektor transportasi menjadi isu yang penting terkait perubahan iklim global dimana motorisasi perpindahan penduduk menjadi penyumbang utama emisi gas rumah kaca. management tata ruang perkotaan pada pinggiran kota dilakukan untuk mendorong sistem transportasi yang berkelanjutan (*sustainable transportation system*) bisa dilihat di China dan terlebih di negara berkembang. Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan dampak kebijakan management pertumbuhan perkotaan terhadap *sustainable transportation* di kota besar china. Analisa menunjukkan bahwa proses perluasan perkotaan yang cepat telah terjadi di daerah pinggiran kota beijing, ditandai kepadatan yang rendah dan pembangunan yang tercerai berai pada sektor fisik dan rendahnya penggunaan lahan secara fungsional. Peningkatan jarak perjalanan dan penggunaan mobil untuk transportasi di pinggiran kota dikarenakan penyebaran kota. Hasil dari penelitian ini merekomendasikan perencanaan management perkembangan kota untuk membatasi penyebaran kota yang akan berpengaruh terhadap jarak tempuh mobil didaerah suburban. Untuk mencapai perluasan perkotaan yang berkelanjutan (*sustainable urban expansion*), diperlukan management pengembangan kota yang kuat yang dapat mengontrol perkembangan lokal pada pinggiran kota dan berupaya menggunakan sistem transportasi yang berkelanjutan.



Gambar 2.7 Gap Penelitian dari Sudut Pandang Sustainable Transportation System

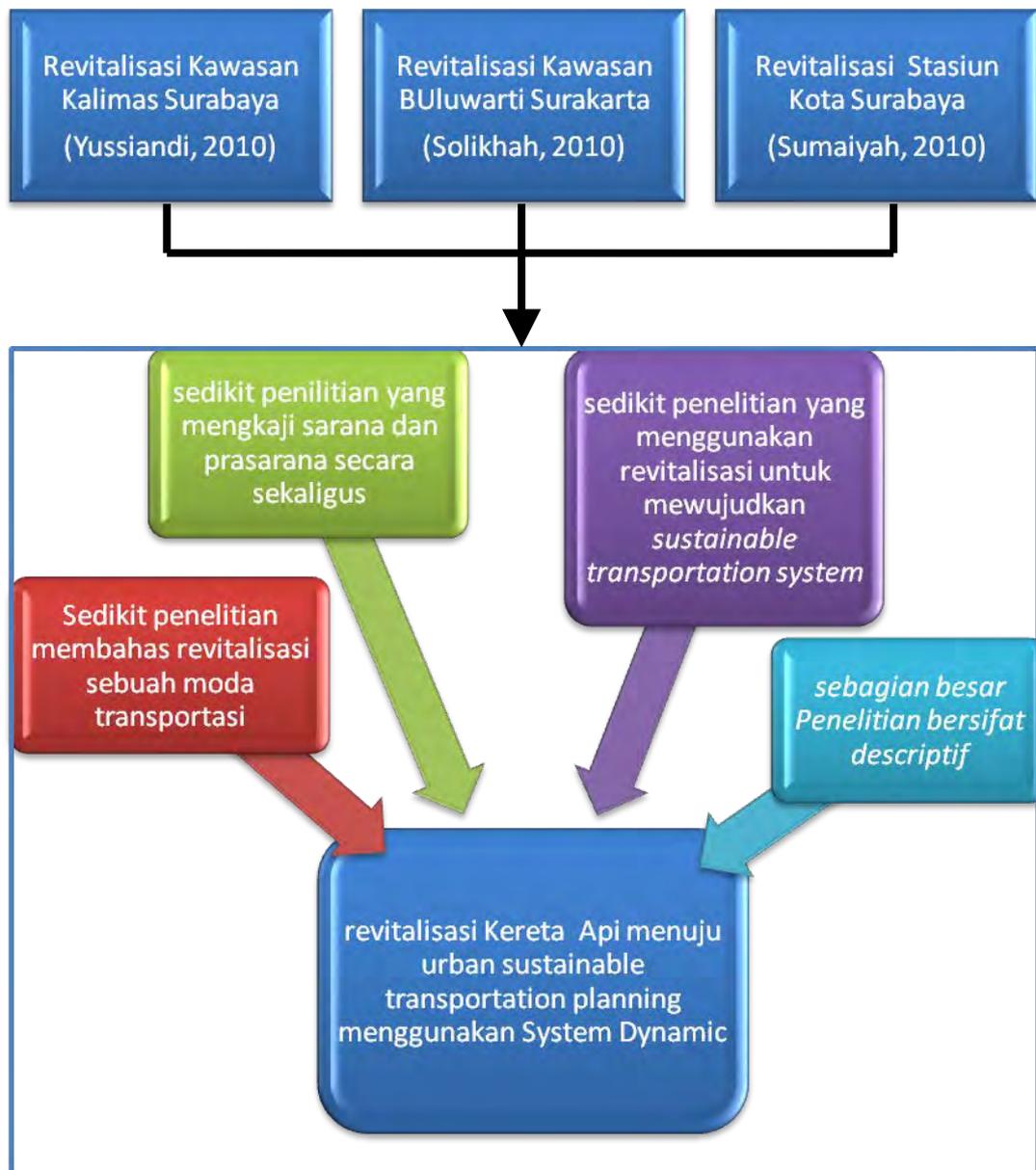
2.7.2. Penelitian Mengenai Revitalisasi

Selain itu juga terdapat beberapa penelitian yang membahas mengenai revitalisasi. Yussiandi (2010) meneliti tentang revitalisasi kawasan Kalimas Surabaya koridor Jembatan Semut hingga Jembatan Merah. Alasan yang mendasari dilakukannya penelitian tersebut yaitu kondisi dari kawasan kalmias yang mengalami penurunan vitalitas dan *structural aging*. Hal ini merupakan sebuah ironi mengingat sejarah dari kota Surabaya yang merupakan kota maritim. Terkait dengan arti penting kawasan kalimias dimana dahulu merupakan *working space*, *marketing space* dan *transport line* sehingga perlu untuk dilakukan revitalisasi. Revitalisasi yang dilakukan dalam penelitian ini bersifat komprehensif dalam artian mencakup 3 aspek revitalisasi yaitu fisik, aktivitas dan institusional. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah metode Delphi untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab kemunduran kawasan kemudian dilanjutkan dengan penggunaan AHP Overlay Weighted.

Solikhah (2010) meneliti mengenai revitalisasi kawasan Buluwarti Surakarta. Buluwarti merupakan kawasan yang dulunya tempat tinggal kerabat dan abdi dalem keraton Surakarta. Latar belakang dilakukannya penelitian ini dikarenakan adanya keawatiran pergeseran identitas kawasan. Penelitian ini menggunakan metode Delphi yang berguna untuk menentukan kriteria revitalisasi sebagai dasar pengembangan konsep revitalisasi. Konsep revitalisasi yang digunakan adalah dengan mensinergikan aspek fisik, aspek ekonomi dan aspek sosial. Dalam penelitian ini dijelaskan faktor yang menyebabkan pergeseran identitas kawasan diantaranya yaitu perkembangan fisik, perubahan fungsi, perekonomian, nilai sosial, status kepemilikan dan pemahaman masyarakat.

Sumaiyah (2010) melakukan kajian mengenai revitalisasi stasiun kota Surabaya. Penelitian ini dilatar belakangi oleh kebutuhan mobilitas dari warga Surabaya yang tinggi namun tidak didukung oleh sarana transportasi yang memadai. Stasiun sebagai salah satu focal point bagi moda kereta api merupakan faktor penting dalam menarik ketertarikan masyarakat untuk menggunakan moda transportasi tersebut. Disisi lain stasiun Kota Surabaya atau yang biasa disebut stasiun Semut merupakan salah satu peninggalan budaya yang harus dipelihara. Berdasarkan hasil dari kajian yang dilakukan didapatkan bahwa perubahan bentuk stasiun menjadi *elevated* stasiun merupakan solusi dari permasalahan di stasiun Kota Surabaya.

CO₂

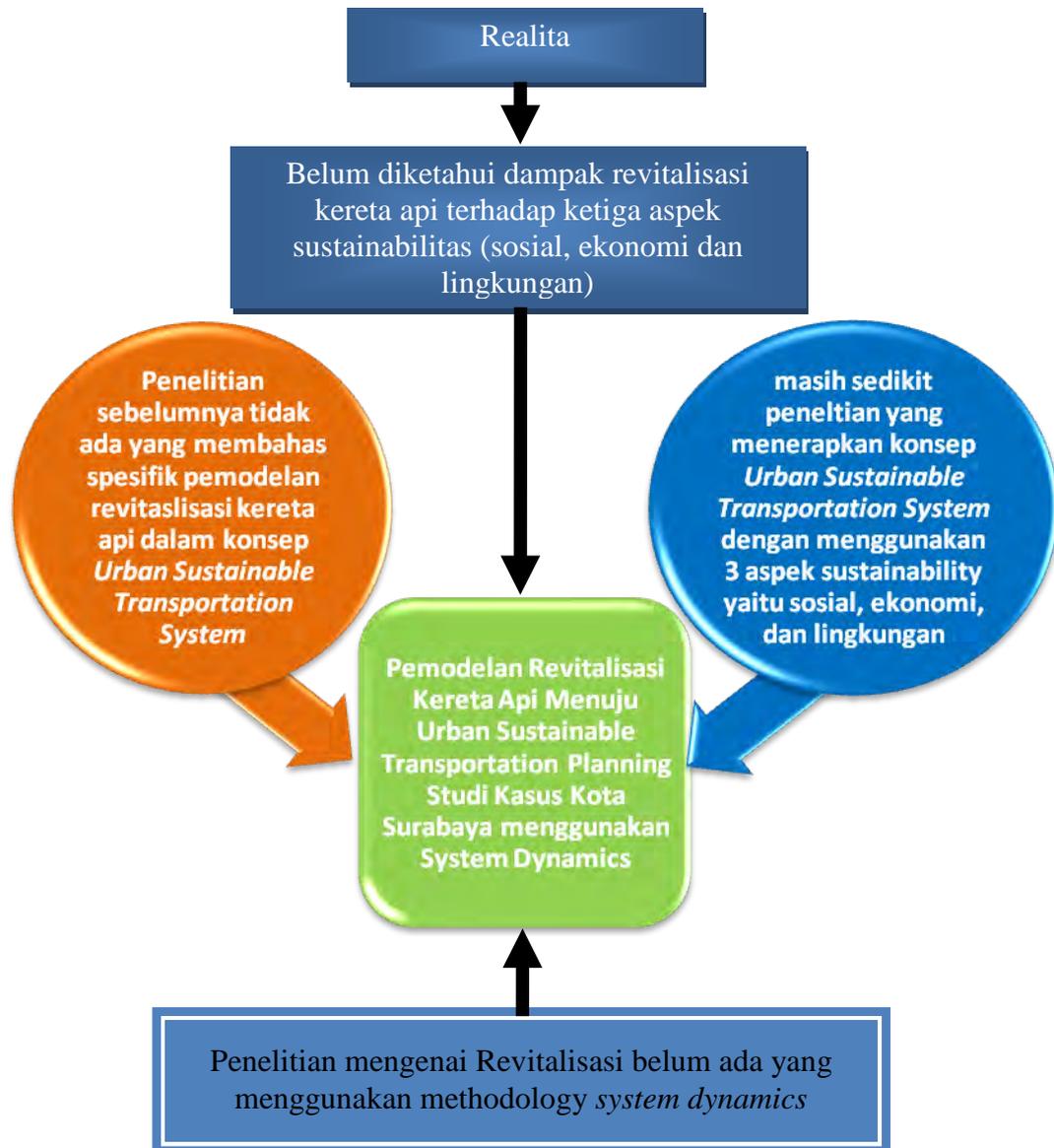


Gambar 2.8 Gap Penelitian dari Sudut Pandang Revitalisasi

2.8. Gap dan Posisi Penelitian

Berdasarkan penjelasan mengenai *review* penelitian pada subbab sebelumnya, maka dapat diketahui gap penelitian yang akan dibahas oleh peneliti terkait konsep *urban sustainable transportation system* dengan revitalisasi kereta api, yaitu belum adanya penelitian yang menganalisis kebijakan revitalisasi kereta api di kota Surabaya dengan menggunakan metode sistem dinamik. Dalam hal ini,

penelitian yang akan dilakukan akan membahas semua aspek sustainabilitas belum membahas hal tersebut. Berikut ini adalah Gambar 10 yang menampilkan skema gap dan posisi penelitian.



Gambar 2.9 Posisi Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan kerangka metodologi penelitian yang terlihat melalui gambar 3.1. Metodologi Penelitian ini berguna sebagai acuan sehingga penelitian dapat berjalan secara sistematis, sesuai dengan tujuan dan waktu penelitian. Berikut ini adalah langkah secara keseluruhan untuk penelitian “Pemodelan Revitalisasi Kereta Api Menuju Urban Sustainable Transportation Planning :Studi Kasus Kota Surabaya”:

1. Analisis sosial masyarakat dan kondisi umum terkait transportasi di Kota Surabaya
2. Analisis Infrastruktur transportasi dan daya dukung lingkungan di Kota Surabaya
3. Analisa Kondisi eksisting sistem transportasi kota Surabaya
4. Analisa mekanisme revitalisasi kereta api di kota Surabaya untuk mewujudkan Urban Sustainable Transportation System di kota Surabaya
5. Pemodelan dan simulasi skenario revitalisasi kereta api di kota Surabaya

Terdapat empat tahapan yang akan dilakukan, yaitu tahap pengumpulan data, tahap identifikasi variabel dan konseptualisasi model, tahap simulasi model, dan tahap analisis dan penarikan kesimpulan. Selain itu, pada bagian metodologi ini diuraikan langkah-langkah yang akan dilakukan selama penelitian, yaitu mengenai kerangka berpikir, konsep, pengembangan model, dan urutan kerja sehingga akhirnya mampu menghasilkan kesimpulan akhir dalam penelitian ini.

3.1. Observasi Obyek

Observasi dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung pada obyek amatan. Tujuan observasi obyek adalah mengetahui entitas-entitas yang terkait dan pola hubungan entitas dalam sistem nyata. Pola hubungan merupakan pengaruh dan keterkaitan suatu entitas terhadap entitas lainnya.

3.2. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pendalaman mengenai permasalahan yang akan diamati dan diselesaikan. Tahapan identifikasi permasalahan ini terdiri dari

identifikasi permasalahan serta penetapan tujuan dan manfaat penelitian. Tahapan ini dilakukan pada saat penyusunan proposal penelitian. Pada langkah ini akan dilakukan pengamatan/observasi pada sistem transportasi kota Surabaya melalui studi atas data-data sekunder yang tersedia. Sehingga dapat diketahui bagaimana dampak kebijakan revitalisasi kereta api terhadap pengurangan emisi, pengurangan konsumsi bahan bakar minyak dan pengurangan tingkat kemacetan lalu lintas untuk mewujudkan USTS.

Kajian pustaka atau studi literatur dilakukan sebagai dasar penelitian untuk mendapatkan *research gap* yang ada mengenai sustainable transportation. Studi literatur yang dilakukan berupa pengkajian dengan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber pustaka, baik berupa buku, jurnal, artikel maupun penelitian yang terlebih dahulu dilakukan mengenai konsep sustainable transportation serta penelitian yang berhubungan dengan sistem dinamik (SD). Selain itu, juga dilakukan kajian lapangan untuk mengetahui kondisi sistem sebenarnya. Selain sebagai dasar dalam penelitian, kajian pustaka dan lapangan juga penting dilakukan untuk mendapat informasi dan teori-teori penunjang yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti, yaitu mengenai Urban Sustainable Transportation System, sehingga peneliti dapat memahami konsep atau teori yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

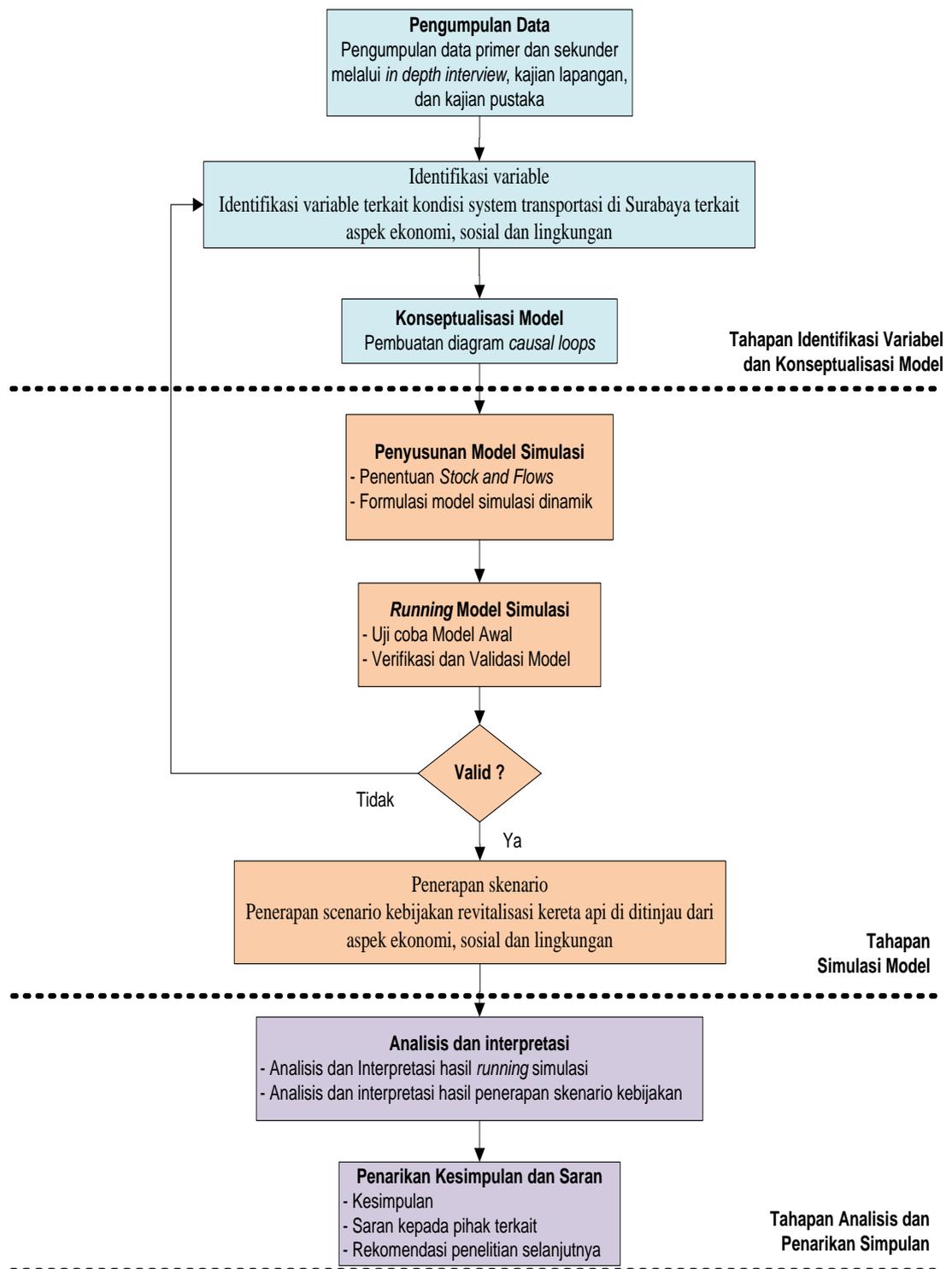
Rincian dari data-data sekunder yang dijadikan referensi dalam penyusunan model sistem transportasi di Surabaya adalah sebagai berikut:

- Data konsumsi tiap jenis BBM di Kota Surabaya (PT Pertamina regional V Surabaya)
- Harga keekonomian untuk masing-masing jenis BBM di Kota Surabaya (PT Pertamina regional V Surabaya)
- Data jumlah kendaraan per jenis kendaraan yang ada di Kota Surabaya (Dinas Pendapatan Daerah Provinsi Jawa Timur)
- Data besaran pajak kendaraan per jenis kendaraan di Kota Surabaya (Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur)
- Data besaran retribusi untuk tiap jenis kendaraan di Kota Surabaya (Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur)

- Data Kontribusi retribusi dari sektor Transportasi terhadap PAD kota Surabaya (Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur)
- Data kecelakaan lalu lintas di kota Surabaya (Satlantas Polrestabes Kota Surabaya)
- Data korban kecelakaan lalu lintas di kota Surabaya (Satlantas Polrestabes Kota Surabaya)
- Data populasi kota Surabaya (BPS Kota Surabaya)
- Data pertumbuhan ekonomi Kota Surabaya (BPS kota Surabaya)

3.3. Identifikasi Variabel

Pada tahap ini dilakukan identifikasi semua variable yang terkait dengan permasalahan sistem transportasi kota Surabaya. Identifikasi varabel yang dilakukan dapat berdasar pada data sekunder dan hasil observasi obyek. Dalam tahapan identifikasi semua variable-variabel model diidentifikasi tanpa melihat seberapa besar pengaruh variable tersebut terhadap varibel yang lain.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

3.4. Konseptualisasi Model

data-data yang didapatkan dari hasil observasi awal digunakan untuk mendapatkan variabel-variabel model dan pola interaksi antar variabel pada sistem nyata. Variabel yang sudah teridentifikasi kemudian disusun berdasarkan pola interaksinya ke dalam diagram sebab akibat (*causal loop diagram*). Variabel yang dimasukkan dalam causal loop diagram masih berupa variabel umum yang kemudian akan dirinci sesuai dengan kebutuhan pada tahapan selanjutnya dalam bentuk *stock and flow diagram*.

3.5. Pembuatan Model Dinamika Sistem

Pada tahap ini dilakukan simulasi model dengan tahapan formulasi model simulasi, *running* model awal simulasi dan penerapan skenario. Formulasi model simulasi dilakukan dengan berdasar pada konseptualisasi model yang telah dibuat, kemudian diformulasikan secara matematis hubungan-hubungan antar variabel tersebut sesuai *stocks* dan *flows* (spesifikasi struktur model dan *decision rules*). Dalam formulasi ini, juga dilakukan estimasi parameter, *feedback*, dan *initial condition* dari sistem yang ada. Tahap formulasi model dinamik merupakan penyusunan model dalam *software* simulasi yaitu Vensim PLE.

3.6. Diagram System Dynamic

Berdasarkan diagram sebab-akibat, diagram alir disusun dan dibuat persamaan matematis dari variabel-variabel yang terdapat dalam sistem. Formulasi model simulasi dilakukan dengan berdasar pada konseptualisasi model yang telah dibuat, kemudian diformulasikan secara matematis hubungan-hubungan antar variabel tersebut sesuai *stocks* dan *flows* (spesifikasi struktur model dan *decision rules*). Dalam formulasi ini, juga dilakukan estimasi parameter, *feedback*, dan *initial condition* dari sistem yang ada. Tahap formulasi model dinamik merupakan penyusunan model dalam *software* simulasi yaitu Vensim PLE.

3.7. Simulasi dan Formulasi

Dalam tahap pengujian model ini, terdapat 3 langkah yang dilakukan yaitu simulasi model, verifikasi model dan validasi model. *Running* model dilakukan dengan menjalankan model awal simulasi. Pada tahap ini dilakukan

verifikasi dan validasi yang merupakan tahapan pengujian terhadap model. Selanjutnya, penerapan skenario dilakukan dengan tujuan mengetahui dampak revitalisasi kereta api kaitannya dengan konsep USTS guna pengurangan emisi karbon, pengurangan konsumsi BBM dan pengurangan tingkat kemacetan. Pada tahap ini dilakukan dengan mengubah kondisi, waktu penerapan dan atau pengembangan pada model sehingga akan dihasilkan output yang berbeda dengan model awal (*existing*). Dari hasil simulasi pengembangan model kemudian dibandingkan dengan *output existing* dan dilakukan identifikasi apakah sudah menghasilkan perubahan yang cukup signifikan atau tidak.

3.8. Perumusan skenario kebijakan

Perumusan scenario dalam thesis ini menggunakan metode revitalisasi dimana objek yang akan direvitalisasi adalah sistem perkereta-apian termasuk didalamnya sarana dan prasarana. Scenario yang dibangkitkan dikategorikan kedalam tiga kategori, dengan penjabaran sebagai berikut:

1. Interfenvi fisik
 - Perbaikan dan penambahan fasilitas pendukung (stasiun)
 - Penambahan kapasitas parkir
 - Penambahan dan reaktifasi jalur kereta api
2. Rehabilitasi Ekonomi
 - Perubahan harga tiket KA
3. Rehabilitas Sosial
 - Penambahan jumlah rangkaian kereta api
 - Penambahan jumlah keberangkatan kereta api

3.9. Analisa dan Penarikan Kesimpulan

Pada tahapan ini dilakukan analisis dan interpretasi model serta dampak adanya skenario kebijakan yang diterapkan. Tahapan terakhir adalah analisis permasalahan dan interpretasi dari hasil pemodelan yang dibuat, variabel kritis yang didefinisikan, serta hasil *running* simulasi yang dilakukan. Analisis dan interpretasi dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan paling akhir dari penelitian ini adalah penyusunan kesimpulan dari keseluruhan penelitian. Kesimpulan disusun dengan pertimbangan tujuan penelitian, guna menjawab

tujuan penelitian. Setelah kesimpulan dan saran diberikan, juga diberikan rekomendasi peluang penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.

Pada tahapan ini dilakukan analisis dan interpretasi model serta dampak adanya skenario kebijakan yang diterapkan. Tahapan terakhir adalah analisis permasalahan dan interpretasi dari hasil pemodelan yang dibuat, variabel kritis yang didefinisikan, serta hasil *running* simulasi yang dilakukan. Analisis dan interpretasi dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan paling akhir dari penelitian ini adalah penyusunan kesimpulan dari keseluruhan penelitian. Kesimpulan disusun dengan pertimbangan tujuan penelitian, guna menjawab tujuan penelitian. Setelah kesimpulan dan saran diberikan, juga diberikan rekomendasi peluang penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.

BAB IV

PERANCANGAN MODEL AWAL

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses perancangan model awal (eksisting) dari sistem transportasi yang ada di kota Surabaya. Model yang dibuat untuk mengetahui dampak dari revitalisasi kereta api dalam rangka mewujudkan *Urban Sustainable Transportation System* di kota Surabaya. Perancangan model revitalisasi kereta api di kota Surabaya ini terdiri dari dua model yaitu model konseptual dan model simulasi.

4.1. Analisa kondisi *Existing* Sistem Transportasi di kota Surabaya

Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki jumlah penduduk terbesar nomor dua di Indonesia dengan angka 3.023.680 penduduk (BPS, 2012). Besarnya jumlah penduduk tersebut akan berdampak pada kebutuhan mobilitas warganya. Kebutuhan mobilitas menjadi kebutuhan yang tidak bisa dikesampingkan. Tingginya kebutuhan transportasi warga berdampak secara langsung pada kompleksitas dari sistem transportasi. Perkembangan jumlah penduduk di kota Surabaya disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Populasi Penduduk kota Surabaya Tahun 2000 - 2011

tahun	Populasi (orang)
2000	2,599,796
2001	2,613,315
2002	2,626,904
2003	2,654,295
2004	2,691,666
2005	2,740,490
2006	2,784,196
2007	2,829,552
2008	2,902,507
2009	2,938,225
2010	2,929,528
2011	3,023,680

Sumber: BPS

Pada data diatas dapat terlihat bahwa dari tahun ketahun jumlah penduduk di kota Surabaya senantiasa meningkat. Pada tahun 2000 penduduk kota Surabaya sebesar 2.599.000 penduduk dan dalam sebelas tahun yaitu pada 2011 jumlah penduduk menjadi 3.023.000 penduduk. Tingkat kompleksitas sistem transportasi yang didorong oleh tingginya kebutuhan mobilitas penduduk masih diperparah oleh daya tarik kota Surabaya dari segi ekonomi. Pada tabel dibawah tersaji tingkat pertumbuhan PDRB kota Surabaya dari tahun 2000 hingga 2010. Tingkat pertumbuhan ekonomi kota Surabaya yang berkisar di angka 7 % yang lebih tinggi dari angka pertumbuhan Jawa Timur pada 6 % menjadi magnet yang mendorong orang berkunjung ke Surabaya. Pada tabel 4.2 dibawah tersaji tingkat pertumbuhan PDRB kota Surabaya dari tahun 2000 hingga 2010.

Tabel 4.2 PDRB dan PDRB Perkapita Kota Surabaya Atas Dasar Harga Konstan

tahun	PDRB	PDRB per kapita
2000	46,954,358,000,000	18,060,786
2001	48,947,677,000,000	18,730,110
2002	50,812,060,000,000	19,342,945
2003	52,960,389,000,000	19,952,714
2004	56,312,932,000,000	20,921,218
2005	59,877,994,000,000	21,849,375
2006	63,677,389,530,000	22,871,015
2007	67,695,819,920,000	23,924,572
2008	71,913,820,460,000	24,776,450
2009	75,892,973,480,000	25,829,531
2010	82,014,713,940,000	27,995,880

Sumber : BPS

Kompleksitas dari sistem transportasi di kota Surabaya tercermin dari besarnya jumlah kendaraan pribadi yang ada di kota Surabaya. Jumlah kendaraan menjadi tolak ukur karena kendaraan merupakan moda atau alat yang digunakan penduduk untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Jumlah kendaraan akan berhubungan dengan kepadatan yang ada di alan raya, sedangkan kepadatan akan berpengaruh terhadap kecepatan kendaraan di jalan raya. Pada tabel 4.3 disajikan data kendaraan yang ada di

kota Surabaya. Penyajian data jumlah kendaraan diklasifikasikan kedalam kelompok sesuai dengan jenis kendaraan.

Tabel 4.3 Jumlah Kendaraan Pribadi di Kota Surabaya Tahun 2006 - 2009

tahun	sepeda motor (unit)	mobil pribadi (unit)	mobil barang (unit)	bus (unit)	mobil penumpang umum (unit)
2006	928686	228,195	84371	1887	12010
2007	972645	232,888	86671	1815	9822
2008	1028686	244,435	84968	1884	8752
2009	1457405	270,039	89470	2254	8638

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup

Mengingat kompleksitas dari sistem transportasi kota Surabaya perlu diperhatikan mengenai dampak yang ditimbulkan. Salah satu dampak yang perlu dipertimbangkan berkaitan dengan sistem transportasi adalah dampak lingkungan. Hal ini perlu dipertimbangkan mengingat tumbuhnya kesadaran masyarakat tentang arti penting untuk memelihara kelestarian lingkungan. Pada tabel dibawah ini disajikan konsumsi BBM perliter untuk masing-masing jenis kendaraan. Angka konsumsi BBM tersebut akan berdampak pada besaran konsumsi BBM total untuk sektor transportasi.

Tabel 4.4 Rata-Rata Konsumsi Bahan Bakar Minyak Perjenis Kendaraan

jenis kendaraan	konsumsi BBM (L/bulan)
sepeda motor	25
mobil bensin	253
mobil solar	389
Lyn	337
Bus	1315
Truck	353

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup

Hal yang diperhitungkan selanjutnya setelah diketahui konsumsi bahan bakar adalah menghitung besaran emisi yang ditimbulkan akibat aktifitas transportasi yang dilakukan. Angka konsumsi BBM akan berbanding lurus dengan emisi yang dihasilkan. Pada tabel 4.5 berikut

disajikan data emisi yang dihasilkan dari setiap liter BBM yang dikonsumsi. Besaran konsumsi BBM berhubungan dengan jenis kendaraan yang digunakan sebagai moda transportasi.

Tabel 4.5 Besaran Emisi Yang Dihasilkan Per- Kategori Kendaraan

Tipe kendaraan/ bahan bakar	Faktor emisi (gram/liter)						Catatan (km/l)
	NOx	CH ₄	NMV OC	CO	N ₂ O	CO ₂	
Bensin:							
Kendaraan penumpang	21.35	0.71	53.38	462.63	0.04	2597.86	Ass 8.9
Kendaraan niaga kecil	24.91	0.71	49.82	295.37	0.04	2597.86	Ass 7.4
Kendaraan niaga besar	32.03	0.71	28.47	281.14	0.04	2597.86	Ass 4.4
Sepeda motor	7.12	3.56	85.41	427.05	0.04	2597.86	Ass 19.6
Diesell:							
Kendaraan penumpang	11.86	0.08	2.77	11.86	0.16	2924.90	Ass 13.7
Kendaraan niaga kecil	15.81	0.04	3.95	15.81	0.16	2924.90	Ass. 9.2
Kendaraan niaga besar	39.53	0.24	7.91	35.57	0.12	2924.90	Ass. 3.3
Lokomotif	71.15	0.24	5.14	24.11	0.08	2964.43	

Catatan: *) liter ekuivalen terhadap bensin, Sumber: Dikompilasi dari IPCC (1996)

Pada tabel 4.6 disajikan data mengenai karakteristik dari Gas CO₂. Data ini perlu untuk ditampilkan dikarenakan kadar CO₂ yang dihasilkan merupakan salah satu parameter untuk mengukur sustainability dari sistem transportasi di kota Surabaya. Hal yang perlu diperhatikan adalah densitas kritis CO₂ dikarenakan inilah ambang batas kadar CO₂ di suatu area dikatakan berbahaya.

Tabel 4.6 Karakteristik Gas CO₂

Nama lain	<i>Carbonic Acid Gas Carbonic Anhydride</i>	Kelarutan dalam air	1.716 ft ³ CO ₂ gas / ft ³ H ₂ O @ STP
Ikatan molekul	CO ₂	Titik leleh	216 K
Berat mol	44,01 g/mol	Titik didih	195 K
Densitas: Fase Cair Fase Gas	1032 kg/m ³ @-20°C 1.976 kg/m ³ @STP	Viskositas: Gas Cair	13.72 μN.s/m ² @STP 99 μN.s/m ² @STP
Sifat	<i>Odorless, Colorless</i>	Molekul shape	<i>Linear</i>
Temperatur kritis	31.1°C	Tekanan kritis	73.9 bar
Densitas kritis	467 kg/m ³	Titik Sublimasi	-78.5°C

Sumber : IPCC, 2005

Terkait besaran emisi yang dihasilkan dari sektor transportasi, di kota Surabaya terdapat lembaga yang bertugas untuk menghitung dan

mengawasi pencemaran lingkungan yang terjadi. Dinas Lingkungan Hidup merupakan lembaga pemerintah yang bertugas untuk memantau setiap pencemaran yang dilakukan, baik udara, tanah maupun air. Pada tabel dibawah ini merupakan data besaran emisi yang dihasilkan oleh keseluruhan kendaraan per jenis per tahun.

Tabel 4.7 Besaran Emisi Yang Dihasilkan Masing-masing Jenis Kendaraan Pada Tahun 2012

jenis kendaraan	Nilai kekuatan emisi CO ₂ (ton CO ₂ / tahun)
sepeda motor	1,268,934
mobil bensin	633,933
mobil solar	2,065,438
Lyn	46,482
Bus	107,584
Truck	1,147,088

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup

Permasalahan selanjutnya yang perlu dicermati terkait sistem transportasi di kota Surabaya adalah permasalahan kemacetan. Seperti sudah dijelaskan diatas bahwa dari tahun ke tahun jumlah kendaraan di kota Surabaya selalu menunjukkan tren kenaikan. Namun, hal ini tidak diimbangi oleh penambahan ruas jalan sehingga akan berakibat pada kepadatan lalu lintas. Pada tabel 4.8 disajikan data perkembangan ruas jalan di kota Surabaya tahun 2006 hingga 2008. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa dari tahun 2006 hingga tahun 2008 jumlah jalan di kota Surabaya mengalami stagnasi dalam hal panjang jalan.

Tabel 4.8 Panjang Jalan di kota Surabaya tahun 2006 - 2008

jenis jalan	tahun							
	2006		2007		2008		2012	
	panjang km	lebar km						
jalan nasional	80.87	20-50	80.87	20-50	80.87	20-50	80.87	45.66
jalan propinsi	18.57	12-15	18.57	12-15	18.57	12-15	13.73	12-15

jalan kota	1.997	6-25	1.997	6-25	1.997	6-25	2.003,65	6-25
-------------------	-------	------	-------	------	-------	------	----------	------

Sumber : Dinas Bina Marga dan Pemusatan Kota Surabaya dalam Junaedi, 2010

Terdapat beberapa rumusan yang digunakan untuk menghitung kepadatan lalu lintas. Pada tabel 4.8 disajikan tabel konversi masing-masing jenis kendaraan untuk menghitung kepadatan jalan. Tabel konversi tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung kepadatan jalan.

Tabel 4.9 Faktor Konversi Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Smp
1	kendaraan ringan	1
2	kendaraan berat	1.2
3	sepeda motor	0.25

4.1.1. Gambaran Sistem Kereta Api di Kota Surabaya

Permasalahan Transportasi di Kota Surabaya diakibatkan oleh orientasi dari kebijakan pemerintah saat ini yang masih berorientasi pada transportasi darat berbasis jalan raya. Padahal terkait dengan permasalahan transportasi di kota Surabaya terdapat moda transportasi yang dianggap bisa menyelesaikan permasalahan transportasi di kota Surabaya yaitu kereta api. Hal ini mengingat besarnya tingkat kapasitas dari kereta api dan konsumsi per penumpang per kilometer yang relatif rendah dibandingkan dengan moda transportasi lainnya.

4.1.2. Jalur Kereta Api dalam kota di Surabaya

Pada masa Penjajahan Belanda, Surabaya memiliki jaringan kereta api yang bisa dikatakan terlengkap di Indonesia selain Jakarta. Sebagai informasi semua jaringan kereta api di kota Surabaya dibangun pada masa penjajahan Belanda, baik jalur kereta api dalam kota maupun jaringan kereta api antar kota. Jaringan kereta api dalam (TREM) kota Surabaya pada masa penjajahan dibagi menjadi dua kategori yaitu Trem Uap dan Trem Listrik. Pada data berikut akan disajikan jalur-jalur kereta api dalam kota yang ada di kota Surabaya. Pada Tabel 4.9 disajikan data mengenai jalur-jalur kereta

api yang dibangun pada masa penjajahan Belanda yang peruntukannya digunakan untuk jalur TREM tenaga uap.

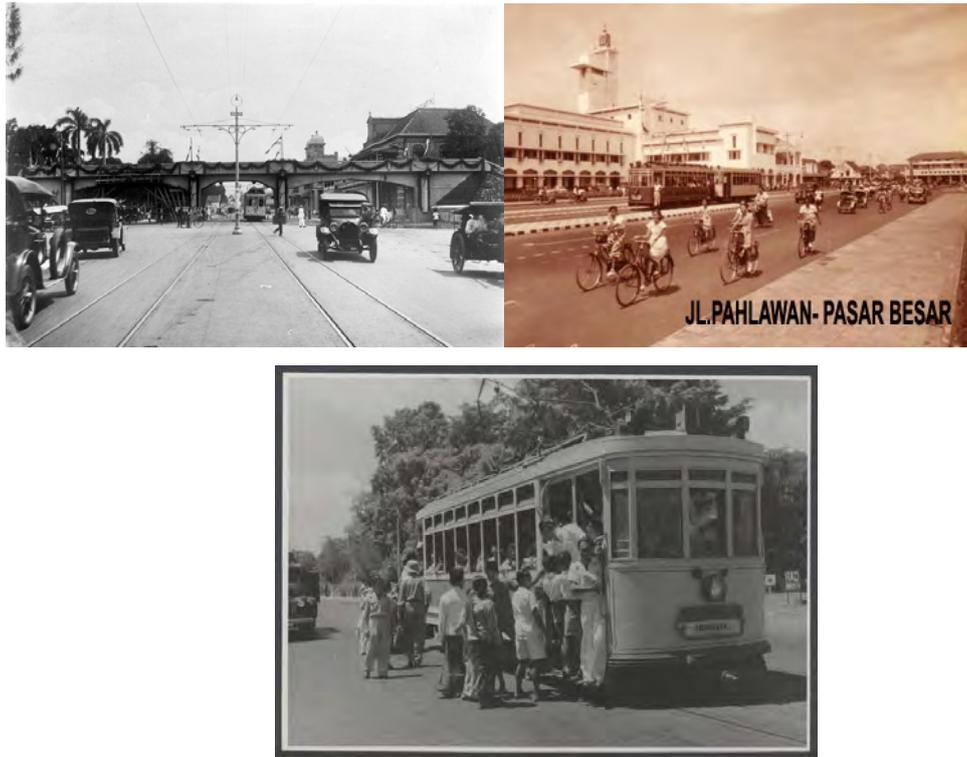
Tabel 4.10 Jalur Kereta Api Dalam Kota (TREM) Tenaga Uap di Kota Surabaya

Ujung- Benteng	10 – 12 – 1898	Aktif
Benteng – Benteng Ss	17 – 12 – 1890	Aktif
Benteng SS – Pasar Turi – Wonokromo	02 – 03 – 1916	Aktif
Wonokromo – Sepanjang	27 – 09 – 1890	Aktif

Sedangkan pada tabel 4.10 disajikan data jalur TREM yang sudah dilengkapi dengan insfratsruktur listrik tegangan tinggi. Fungsi dari jalur tersebut digunakan untuk jalur pengooperasian TREM tenaga listrik. Saat ini jalur yang aktif digunakan sebagai jalur kereta api hanya jalur yang dahulu diperuntukan untuk kereta tenaga uap, sementara untuk jalur yang diperuntukan untuk kereta tenaga listrik sebagian besar tidak diaktifkan. Pada gambar 4.1 dapat dilihat ilustrasi pengoperasian TREM bertenaga listrik dalam kota Surabaya.

Tabel 4.11 Jalur Kereta Api Dalam Kota (TREM) Tenaga Listrik di Kota Surabaya

Wonokromo – Jembatan Merah	15 – 05 – 1923	Tidak Aktif
Kayun – Panglima Sudirman	16 – 05 – 1923	Tidak Aktif
Sawahan – Tunjungan	16 – 05 – 1923	Tidak Aktif
Jembatan Merah – Tanjung Perak	12 – 07 – 1923	Tidak Aktif
Kayun – Gubeng Boulevard dan jalur cabangnya	11 – 02 - 1924	Tidak aktif



Gambar 4.1 Ilustrasi Kondisi Pengoperasian Trem Di Kota Surabaya Masa Lalu (<http://mijn-wagen.blogspot.com>, 2012)

4.1.3. Kebijakan Pemerintah Terkait Sistem Transportasi

Berkaitan dengan pembahasan sistem transportasi yang dibahas dalam penelitian ini perlu kiranya disajikan mengenai kebijakan-kebijakan pemerintah terkait dengan permasalahan transportasi. Berdasarkan pemaparan kondisi kereta api diatas dapat terlihat bahwa pemerintah tidak berpihak kepada pelestarian dan pengembangan kereta api. Hal ini terlihat dari data yang ada bahwa tidak terdapat penambahan jalur kereta api, bahkan terindikasi adanya penonaktifan jalur kereta api. Bahkan pada tahun 2012 dilakukan pembangunan *flyover* di ruas Jl. Diponegoro dimana pada ruas jalan tersebut terdapat jalur kereta api non-aktif ruas Wonokromo-Jembatan Merah, dengan demikian dapat dikatakan terdapat upaya penonaktifan secara permanen terhadap jalur kereta api di kota Surabaya. Ilustrasi yang menggambarkan pembiaran atau penelantaran jalur kereta api di gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kondisi Jalur Kereta Api di Jl. Diponegoro Kota Surabaya (<http://www.roodebrugsoerabaia.com>, 2010)

4.2. Model Sistem Dinamik

Model sistem dinamik yang dibuat berdasarkan informasi dan deskripsi objek penelitian yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Tahapan dalam pembuatan model sistem dinamik yaitu: indentifikasi variabel, pembuatan *causal loop diagram*, dan yang terakhir dilanjutkan dengan pembuatan *stock and flow diagram*.

4.2.1. Identifikasi Variabel

Tahapan pertama dalam pembuatan model sistem dinamik adalah mengidentifikasi seluruh variabel terkait sistem transportasi di Surabaya khususnya yang berhubungan dengan revitalisasi kereta api. Dalam perancangan model revitalisasi kereta api menuju *urban sustainable transportation system* di kota Surabaya didapatkan melalui studi pustaka, data-data sekunder dari lembaga pemerintah yang berhubungan dan *brainstorming* pihak yang berkompeten.

Tabel 4.12 Sub Model Populasi dan Kebutuhan Mobilitas

Populasi	Jumlah penduduk Surabaya pada tahun n
Kebutuhan mobilitas penduduk	Kebutuhan mobilitas seluruh penduduk per hari
Jumlah perjalanan dengan mobil	Jumlah perjalanan yang dilakukan penduduk dengan mengendarai mobil
Jumlah perjalanan dengan sepeda motor	Jumlah perjalanan yang dilakukan penduduk dengan mengendarai sepeda motor

Jumlah demand penumpang kereta api	Jumlah kebutuhan penumpang untuk moda transportasi kereta api
Rata-rata jarak per perjalanan	Rata-rata jarak tempuh per perjalanan

Tabel 4.13 Sub Model Kendaraan Pribadi

Akumulasi panjang jalan	Jumlah keseluruhan jalan di kota Surabaya
Laju penambahan panjang jalan	Penambahan panjang jalan di kota Surabaya
Proporsi per jenis jalan	Proporsi panjang per jenis jalan dibandingkan dengan keseluruhan panjang jalan
Kapasitas per jenis jalan	Kapasitas jalan untuk menampung kendaraan per jenis jalan
Indeks preferensi mobil	Indeks preferensi relatif mobil dibandingkan kendaraan lainnya
Indeks preferensi sepeda motor	Indeks preferensi relatif sepeda motor dibandingkan dengan kendaraan lainnya
Indeks kecelakaan per jenis kendaraan	indeks kecelakaan per jenis kendaraan dibandingkan dengan seluruh kejadian kecelakaan
Indeks biaya operasional per jenis kendaraan	Indeks biaya relatif biaya biaya operasional per jenis kendaraan dibandingkan dengan pilihan moda transportasi lainnya
Indeks kecepatan per jenis kendaraan	Merupakan nilai perbandingan antara kecepatan yang diinginkan dari masing-masing jenis kendaraan dengan kecepatan aktual pada kondisi tahun ke n
Kapasitas jalan	Kapasitas jalan total dari seluruh jenis jalan
Kepadatan jalan	Jumlah kendaraan yang digunakan dibandingkan dengan kapasitas jalan

Tabel 4.14 Sub Model Emisi CO₂

Total emisi CO ₂	Total emisi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi
Emisi CO ₂ dari tiap jenis kendaraan per jenis bahan bakar	Besaran emisi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi oleh tiap jenis kendaraan
Kadar CO ₂ dari tiap jenis bahan bakar	Besaran emisi yang dihasilkan dari tiap pembakaran 1 liter bahan bakar.
Konsumsi bahan bakar per jenis kendaraan	Konsumsi bahan bakar per jenis kendaraan
Total Konsumsi tiap jenis bahan bakar untuk tiap jenis kendaraan	Total konsumsi bahan bakar per jenis kendaraan

Tabel 4.15 Sub Model Sektor Ekonomi

PDRB	Pendapatan domestik regional bruto kota Surabaya
Jumlah kendaraan bermotor	Jumlah kendaraan bermotor di kota Surabaya
Harga bahan bakar	Merupakan harga bahan bakar dalam negeri pada tahun ke n
Pajak bahan bakar	Besaran pajak bahan bakar yang dikenakan per liter bahan bakar yang dikonsumsi
Konsumsi per jenis bahan bakar	Nilai konsumsi per jenis bahan bakar yang dikonsumsi di kota Surabaya
Retribusi parkir per jenis kendaraan	Besaran retribusi parkir yang dikenakan kepada tiap jenis kendaraan untuk sekali parkir
Penerimaan dari pajak kendaraan pribadi	Besaran pemasukan daerah dari pajak kendaraan pribadi
Penerimaan dari retribusi parkir	Besaran penerimaan daerah dari retribusi parkir kendaraan
Pendapatan asli daerah	Pendapatan asli daerah dalam penelitian ini hanya terbatas pada pajak bahan bakar, pajak kendaraan pribadi dan retribusi parkir

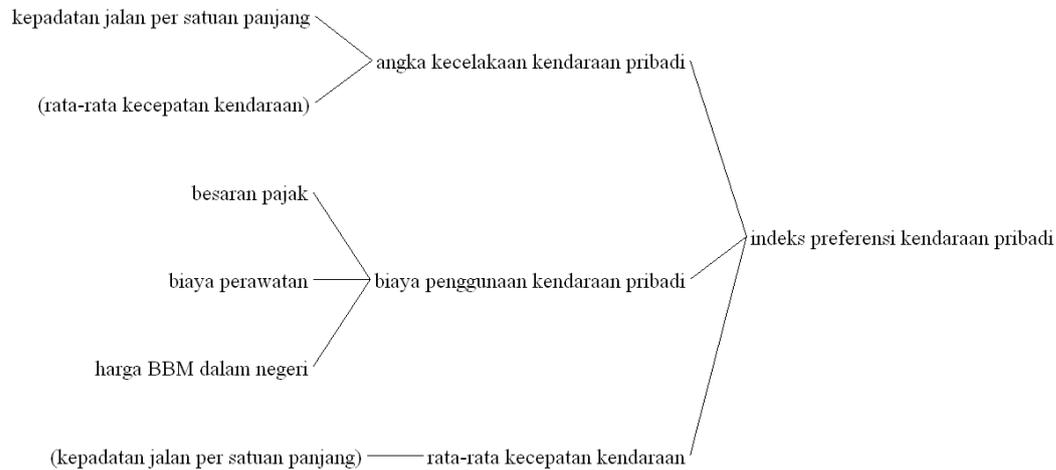
Tabel 4.16 Sub Model Kereta Api

stasiun penumpang di surabaya	Jumlah stasiun di kota Surabaya yang dijadikan sebagai stasiun pemberhentian dan pemberangkatan penumpang
Jumlah armada kereta api	Jumlah rangkaian kereta api yang dijadikan sebagai sarana transportasi komuter di kota Surabaya
Kapasitas parkir	Kapasitas parkir di seluruh stasiun kota Surabaya
Harga tiket KA	Harga tiket yang diberlakukan untuk setiap pemberangkatan untuk transportasi dalam kota Surabaya
Indeks ketersediaan	Indeks ketersediaan kapasitas angkut kereta api dibandingkan dengan demand penumpang kereta
Indeks biaya penumpang KA	Indeks biaya penumpang KA selama satu tahun
Indeks ketersediaan parkir	Indeks ketersediaan parkir di stasiun KA dibandingkan demand parkir penumpang KA
Indeks coverage area	Indeks coverage area dibandingkan dengan luas seluruh wilayah surabaya
Indeks keterjangkauan	Berhubungan dengan jumlah rute bis kota yang melalui stasiun kereta api

4.2.2. Causal Loop Diagram

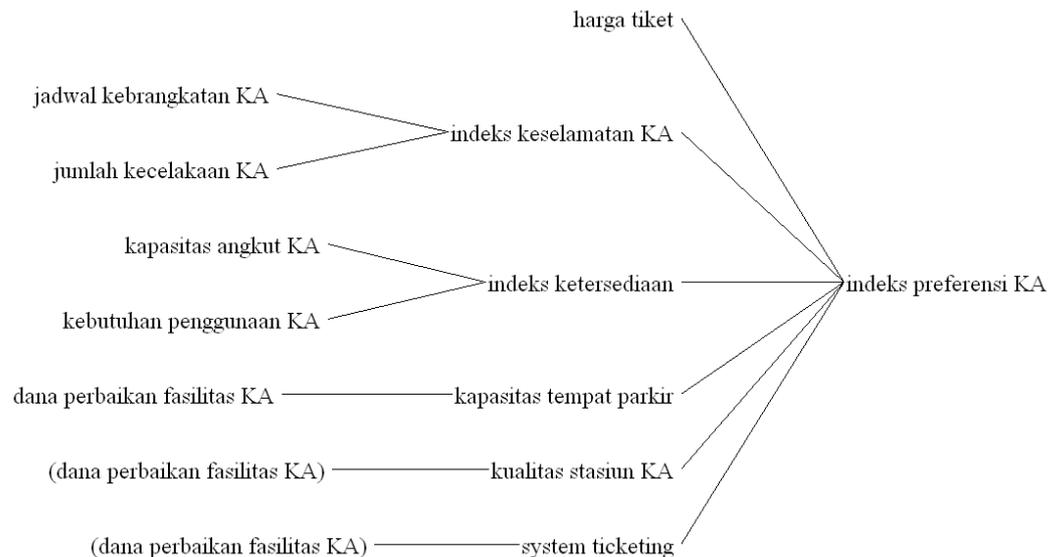
Pada sub bab ini akan diuraikan mengenai hubungan sebab akibat antar variable dalam sistem amatan. Hubungan sebab akibat antar variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini disajikan dalam sebuah causal loop diagram. Causal loop dari permasalahan sistem transportasi di kota Surabaya disajikan pada gambar 4.3. Causal loop disusun berdasarkan variabel-variabel yang sudah teridentifikasi pada tabel 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 dan 4.15. Causal loop merupakan penerjemahan hubungan sebab akibat (causal relationship) ke dalam bahasa gambar. Muhammadi et al (2001) menjelaskan mengenai penentuan jenis umpan balik positif dan negatif terlebih dahulu harus ditentukan mana yang menjadi sebab dan mana yang menjadi akibat. Selanjutnya diketahui jenis akibat yang ditimbulkan oleh sebab yaitu searah (positif) atau berlawanan arah (negatif). Akibat yang positif adalah jika satu komponen menimbulkan pertambahan dalam komponen lainnya sedangkan negatif jika satu komponen mengakibatkan pengurangan dalam komponen lainnya.

Pada causal loop tersebut terlihat bahwa terdapat dua indeks preferensi yaitu indeks preferensi kereta api dan indeks preferensi kendaraan pribadi. Pada indeks preferensi kendaraan pribadi terdapat beberapa faktor yang menjadi variable yang berpengaruh, disajikan pada gambar 4.2.



Gambar 4.4 Causal Tree Diagram Untuk Indeks Preferensi Kendaraan Pribadi

Sedangkan indeks preferensi yang kedua yaitu indeks preferensi kereta api. Pada indeksprefereni kereta api terdapat variable-variabel yang berpengaruh (pada gambar 4.1 kotak berwarna biru muda). Faktor yang berpengaruh dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.5 Causal Tree Diagram untuk Indeks Preferensi Kereta Api

Pada *causal loop diagram* keseluruhan yang disajikan pada gambar 4.1 terlihat kotak yang berwarna merah merupakan parameter yang digunakan dalam menentukan kinerja dari sistem transportasi kota Surabaya yang menjadi objek amatan. Sedangkan kotak yang berwarna biru muda merupakan variable terkontrol yang dijadikan sknaro kebijakan untuk merevitalisasi kereta api di kota Surabaya.

4.3. Stock and Flow Diagram

Pembuatan *stock and flow diagram* dibuat didasarkan atas *causal loop diagram* yang sudah ditunjukkan pada gambar 4.1. variabel yang digunakan dalam model revitalisasi kereta api sudah diidentifikasi seperti yang tersaji pada Model Revitalisasi kereta api tersusun atas 5 sub model, yaitu:

- Sub model populasi dan kebutuhan mobilitas
- Sub model indeks preferensi kendaraan pribadi (sepeda motor dan mobil)
- Sub model emisi CO₂
- Sub model pendapatan
- Sub model indeks preferensi kereta api

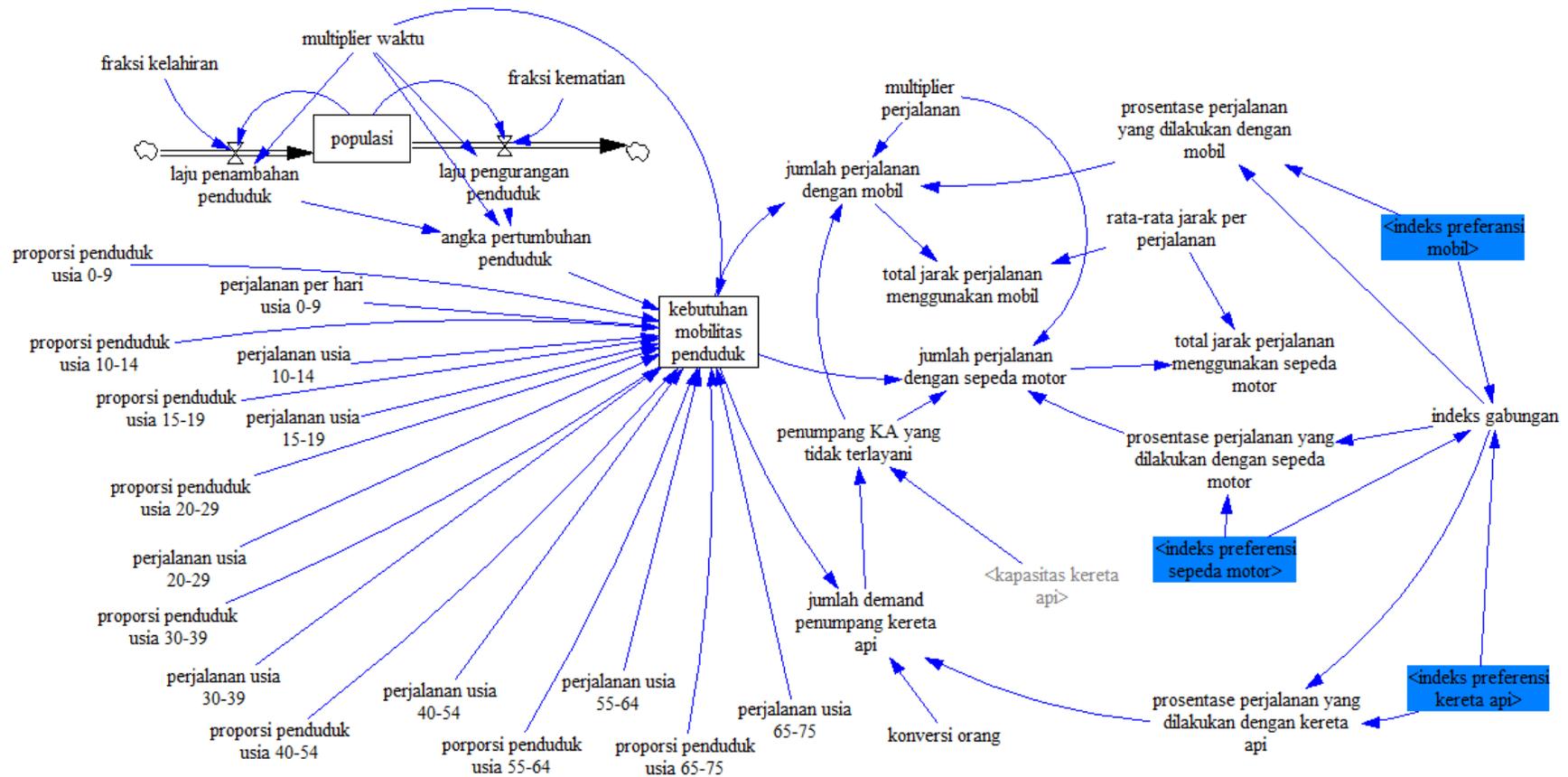
4.3.1. Sub-model populasi dan kebutuhan mobilitas penduduk

Pada diagram *stock and flow* diagram ini akan diuraikan mengenai sub model populasi dan kebutuhan mobilitas penduduk. Pada dinamika perubahan populasi dalam model ini yang menjadi variable yang berpengaruh yaitu laju penambahan penduduk dan laju pengurangan penduduk. Laju penambahan penduduk dipengaruhi oleh fraksi kelahiran sedangkan laju pengurangan penduduk dipengaruhi oleh fraksi kematian. Variabel selanjutnya adalah pembangkitan kebutuhan mobilitas, dimana yang menjadi variable yang berpengaruh adalah populasi yang terbagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan atas umur penduduk. Setelah dibangkitkan kebutuhan mobilitas adalah membagi kebutuhan mobilitas penduduk sesuai moda transportasi yang digunakan. Pada model ini yang menjadi perbandingan antara moda transportas pribadi (mobil dan sepeda motor) dan sarana transportasi umum dalam hal ini kereta api. Ilustrasi dari diagram stock and flow untuk sub model populasi dan dan kebutuhan mobilitas penduduk dapat dilihat pada gambar 4.4.

Pembagian kebutuhan mobilitas penduduk total kepada tiap jenis moda mempertimbangkan prosentase perjalanan yang dilakukan untuk tiap moda yang dipengaruhi indeks preferensi masing-masing moda transportasi. Penjabaran mengenai faktor-faktor yang berpengaruh dalam indeks preferensi masing-masing moda transportasi dijelaskan pada sub- model berikutnya. Moda transportasi yang dijadikan bahasan dimodelkan dalam penelitian ini adalah kendaraan pribadi dan moda transportasi umum. Kendaraan pribadi diwakili sepeda motor dan mobil, sedangkan moda transportasi umum diwakili oleh kereta api. Formulasi terkait Sub model populasi dan kebutuhan mobilitas dapat dilihat pada tabel dan selengkapnya pada lampiran.

Tabel 4.17 Tabel Formulasi Untuk Sub Model Populasi dan Kebutuhan Mobilitas Penduduk

1	Populasi	(laju penambahan penduduk-laju pengurangan Orang penduduk)	
2	Kebutuhan mobilitas penduduk	$((\text{angka pertumbuhan penduduk} * \text{proporsi penduduk usia } 0-9) * \text{perjalanan per hari usia } 0-9) + (\text{angka pertumbuhan penduduk} * \text{proporsi penduduk usia } 10-14) * \text{perjalanan usia } 10-14 + (\text{angka pertumbuhan penduduk} * \text{proporsi penduduk usia } 15-19) * (\text{perjalanan usia } 15-19) + (\text{angka pertumbuhan penduduk} * \text{proporsi penduduk usia } 20-29) * (\text{perjalanan usia } 20-29) + (\text{angka pertumbuhan penduduk} * \text{proporsi penduduk usia } 30-39) * (\text{perjalanan usia } 30-39) + (\text{angka pertumbuhan penduduk} * \text{proporsi penduduk usia } 40-54) * (\text{perjalanan usia } 40-54) + (\text{angka pertumbuhan penduduk} * \text{proporsi penduduk usia } 55-64) * (\text{perjalanan usia } 55-64) + (\text{angka pertumbuhan penduduk} * \text{proporsi penduduk usia } 65-75) * (\text{perjalanan usia } 65-75) / \text{multiplier waktu}$	Perjalanan



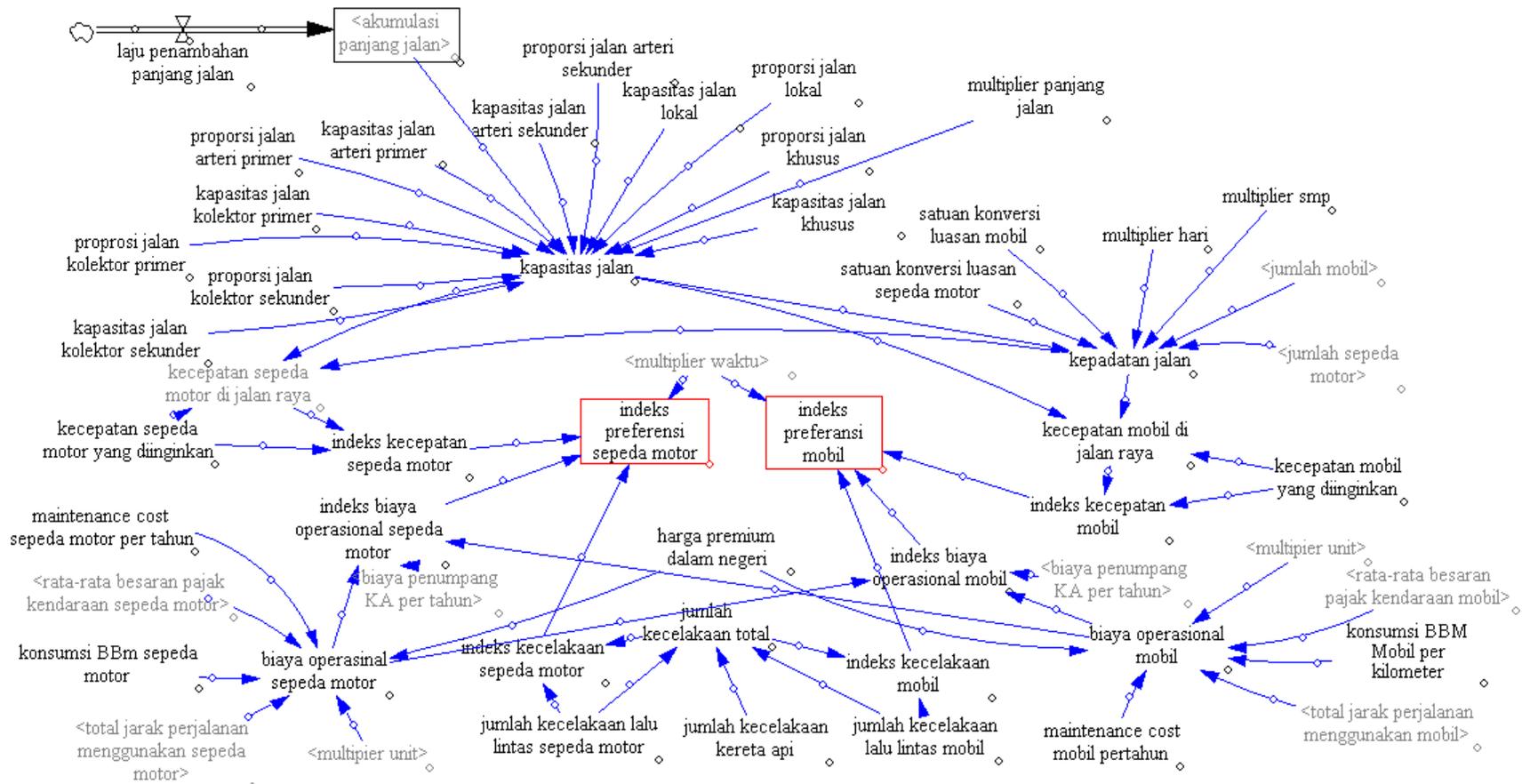
Gambar 4.6 Stock and Flow Diagram Sub Model Populasi dan Kebutuhan Mobilitas Penduduk

4.3.2. Sub model Indeks Preferensi Kendaraan Pribadi (Mobil dan Sepeda Motor)

Pada sub model indeks preferensi ini variabel yang berpengaruh yaitu: indeks keselamatan KA, indeks kecepatan kendaraan di jalan raya, dan indeks biaya operasional dari kendaraan pribadi. Ilustrasi dari sub model Indeks kecepatan kendaraan di jalan raya dipengaruhi oleh kepadatan jalan dan kapasitas jalan. Perhitungan kapasitas jalan mempertimbangan kapasitas masing-masing jenis jalan. Jenis jalan terbagi kedalam beberapa jenis seperti Faktor selanjutnya yang berpengaruh yaitu indeks keselamatan kendaraan. Indeks keselamatan kendaraan merupakan perbandingan antara jumlah kecelakaan lalu lintas per jenis kendaraan dan jumlah kecelakaan total. Sedangkan variable yang berpengaruh selanjutnya yaitu indeks biaya operasional kendaraan. Pada variable ini terdapat beberapa komponen biaya yang menjadi pertimbangan yaitu biaya konsumsi bahan bakar, besaran pajak kendaraan yang dikenakan, dan biaya perawatan kendaraan.

Kapasitas jalan merupakan total kemampuan jalan untuk menampung kendaraan. Sedangkan kepadatan jalan (*traffic density ratio*) merupakan perbandingan antara jumlah kendaraan yang berada di jalan raya dengan kapasitas jalan. Besaran kepadatan jalan akan berpengaruh terhadap kecepatan kendaraan di jalan raya. Setiap perubahan besaran kepadatan jalan akan memberikan dampak yang berbeda bagi kecepatan sepeda motor dan mobil.

Indeks preferensi kendaraan pribadi kendaraan pribadi yang dibahas dalam penelitian ini adalah indeks preferensi mobil dan indeks preferensi sepeda motor. Alasan pemilihan kedua moda transportasi tersebut didasarkan pada kondisi saat ini, dimana kedua moda transportasi tersebut menjadi moda transportasi utama bagi masyarakat. Hal ini tercermin dari tingginya jumlah kendaraan mobil dan sepeda motor seperti terlihat pada tabel 4.3.



Gambar 4.7 Stock and Flow Diagram untuk sub model indeks preferensi kendaraan pribadi (mobil dan sepeda motor)

4.3.3. Sub model Emisi CO₂

Tidak dapat dipungkiri lagi bahwa emisi merupakan salah satu efek samping dari kegiatan transportasi. Akibat dari sektor transportasi yang belakangan menjadi perhatian berbagai kalangan yaitu adanya efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah peningkatan suhu dikarenakan peningkatan kadar konsentrasi CO₂ di atmosfer. Berkaitan dengan hal tersebut pada penelitian ini gas emisi yang dijadikan objek bahasan hanya gas CO₂. Model perhitungan emisi yang dibuat mempertimbangkan masing-masing jenis kendaraan untuk tiap jenis bahan bakar. Jenis kendaraan yang dibahas dalam penelitian ini yaitu:

- Sepeda motor berbahan bakar premium
- Sepeda motor berbahan bakar pertamax
- Mobil berbahan bakar premium
- Mobil berbahan bakar pertamax
- Mobil berbahan bakar pertamax plus
- Mobil berbahan bakar solar
- Mobil berbahan bakar pertamina dex

Alasan yang mendasari pengelompokan menurut jenis kendaraan dan jenis bahan bakar yang dikonsumsi dikarenakan bilangan emisi yang dihasilkan baik dari tiap jenis kendaraan maupun dari tiap jenis bahan bakar memiliki nilai yang berbeda. Pada sub model ini juga dipertimbangkan jarak perpindahan masing-masing jenis kendaraan sebagai pengali (*multiplier*) untuk mendapatkan nilai total emisi.

Sedangkan untuk kereta api bahan bakar yang digunakan adalah solar. Perhitungan emisi yang dihasilkan dari kegiatan kereta api didapatkan dengan mengalikan jumlah keberangkatan yang dilakukan dikalikan dengan jumlah jarak rata-rata per keberangkatan dan dibagi dengan besaran konsumsi solar per KA. Dalam perhitungan total emisi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi perlu diketahui terlebih dahulu kandungan energi untuk setiap jenis bahan bakar.

Tabel 4.18 Energy Content Dari Tiap Jenis BBM

category	fuel name	energy content	unit
petroleum product	aviation gasoline	33,62	MJ/l
	motor gasoline	34,66	MJ/l
	kerosene	37,68	MJ/l
	diesel	38,68	MJ/l

Tabel 4.19 Standar Faktor Emisi CO₂ Untuk Transportasi Darat

Fuel Type	Default (kg/TJ)	Lower	Upper
Motor Gasoline	69300	67500	73000
Gas/ Diesel Oil	74100	72600	74800
Liquified Petroleum Gas	63100	61600	65600
Kerosene	71900	70800	73700
Lubricants	73300	71900	75200
Compressed Natural Gas	56100	54300	58300
Liquefied Natural Gas	56100	54300	58300

Sumber : IPCC Guidance 2006

Metode yang digunakan dalam mengkonversi bilangan jumlah kendaraan menjadi besaran emisi menggunakan metode konversi *mobile combustion*. *Mobile combustion* merupakan salah satu metode perhitungan matematis yang cukup handal untuk memprediksi tingkat emisi CO₂. Perhitungan emisi CO₂ yang dilakukan didasarkan atas jumlah dan jenis bahan bakar dikalikan dengan bilangan faktor emisi dari masing-masing jenis bahan bakar. Persamaan yang digunakan untuk menghitung emisi CO₂ adalah sebagai berikut.

$$Fuel_{\alpha} = \text{jumlah bahan bakar} \times \text{energy content} \quad 4-1$$

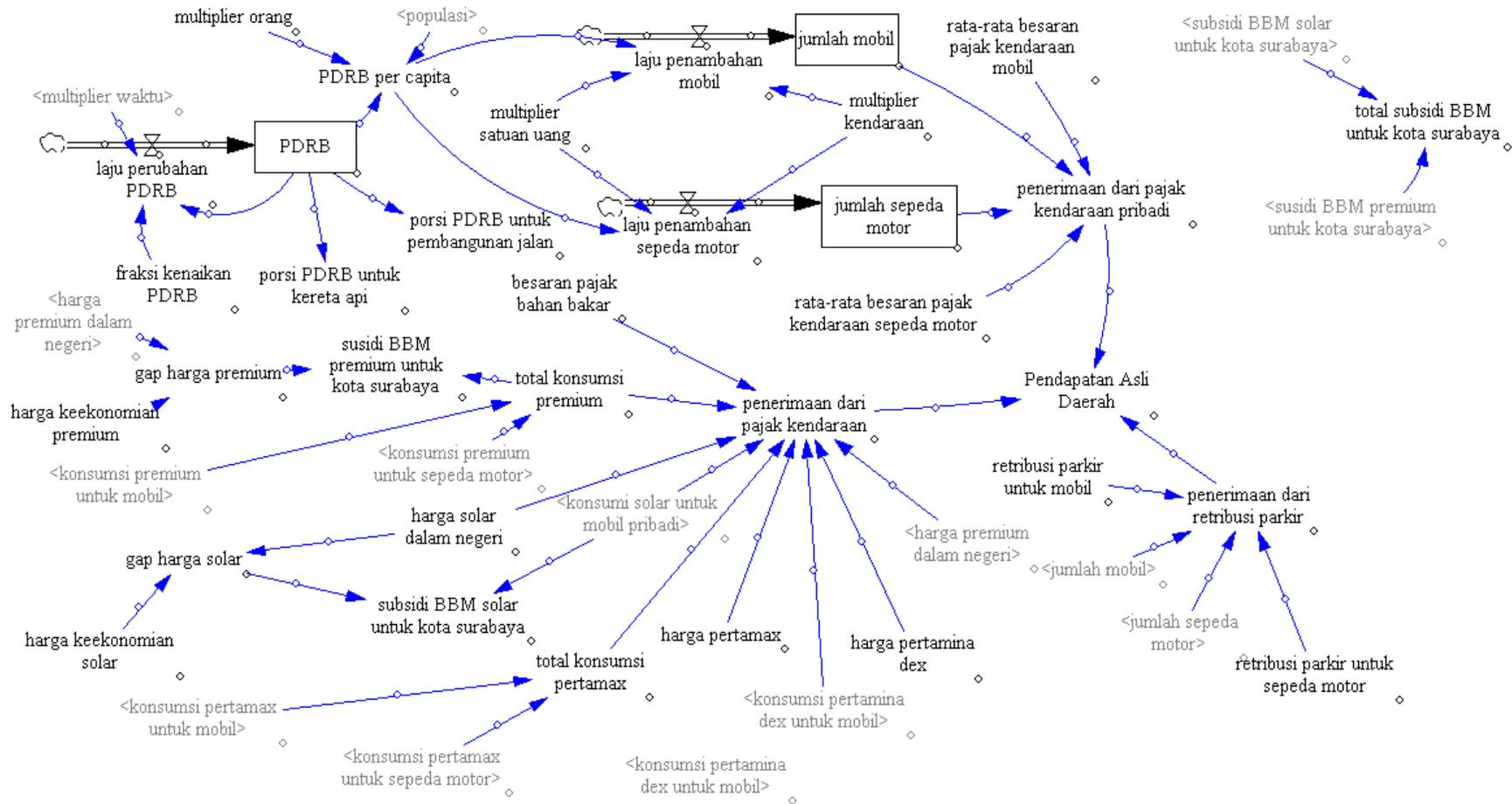
$$Emission = \sum_{\alpha} [Fuel_{\alpha} \times EF_{\alpha}] \quad 4-2$$

4.3.4. Sub model Pendapatan Daerah Regional Bruto dan Pendapatan Asli Daerah

Submodel selanjutnya yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah submodel dari sudut pandang sektor ekonomi. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengaruh PDRB terhadap penambahan kendaraan pribadi dan pengaruh dinamika sistem transportasi terhadap Pendapatan Asli daerah (PAD) kota Surabaya. Sub model mengenai pendapatan ini dirasa penting karena bagaimanapun juga parameter dari sebuah kebijakan tidak bisa terpisah dari pertimbangan ekonomi. Pendapatan daerah terdiri dari beberapa komponen biaya diantaranya yaitu:

1. Pajak kendaraan bermotor
2. Pajak Bahan Bakar
3. Retribusi Parkir

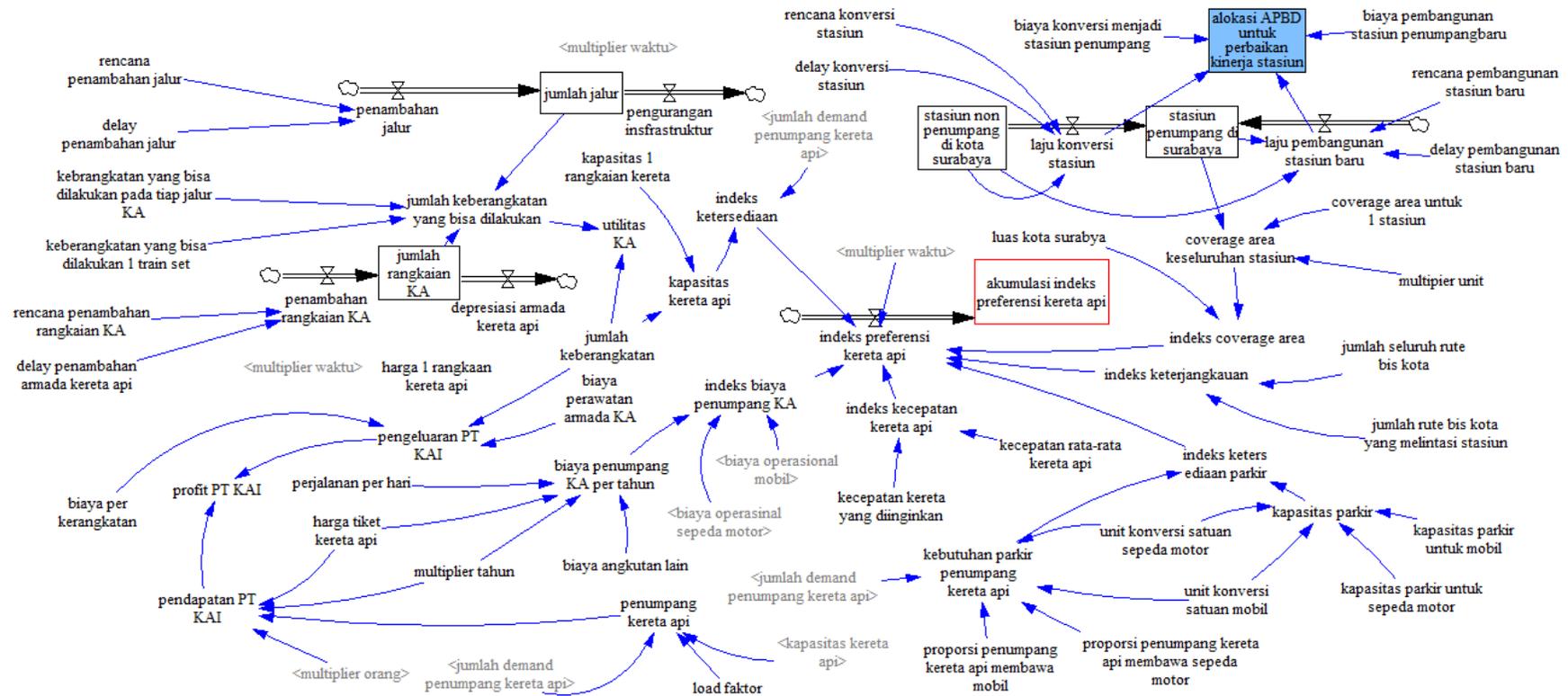
Sub model mengenai pendapatan ini dirasa penting karena bagaimanapun juga parameter dari sebuah kebijakan tidak bisa terpisah dari pertimbangan ekonomi. Penerimaan pajak kendaraan bermotor yang menjadi PAD dipengaruhi oleh besaran pajak yang dikenakan pada tiap unit kendaraan dan jumlah kendaraan pribadi, yaitu sepeda motor dan mobil. Sedangkan penerimaan dari pajak bahan bakar berkaitan dengan jumlah konsumsi bahan bakar masing-masing moda transportasi dan besaran pajak yang dikenakan untuk setiap bahan bakar yang dikonsumsi.



Gambar 4.9 Stock and Flow Diagram Untuk Sub Model Pendapatan Daerah

4.3.5. Sub model Indeks Preferensi Kereta Api

Pada sub model Indeks preferensi kereta api ini terdapat beberapa aspek yang dipertimbangkan, diantaranya yaitu: indeks ketersediaan, indeks coverage area stasiun, indeks keterjangkauan, indeks kecepatan kereta api, indeks biaya penumpang, indeks ketersediaan parkir. Indeks ketersediaan merupakan perbandingan antara kapasitas kereta api dengan demand penumpang kereta api, dimana pada model eksisting jumlah keberangkatan yang dilakukan sebesar 18 keberangkatan kereta. Hal selanjutnya yang berpengaruh terhadap indeks preferensi kereta api adalah indeks coverage area stasiun, dimana setiap stasiun memiliki memiliki coverage zone.



Gambar 4.10 Stock and Flow Diagram untuk Indeks Preferensi Kereta Api

4.4. Formulasi Model

Langkah selanjutnya setelah membuat diagram stock and flow adalah memberikan formulasi pada model. Formulasi yang diberikan pada model didasarkan pada 3 hal, diantaranya yaitu:

- Data historis

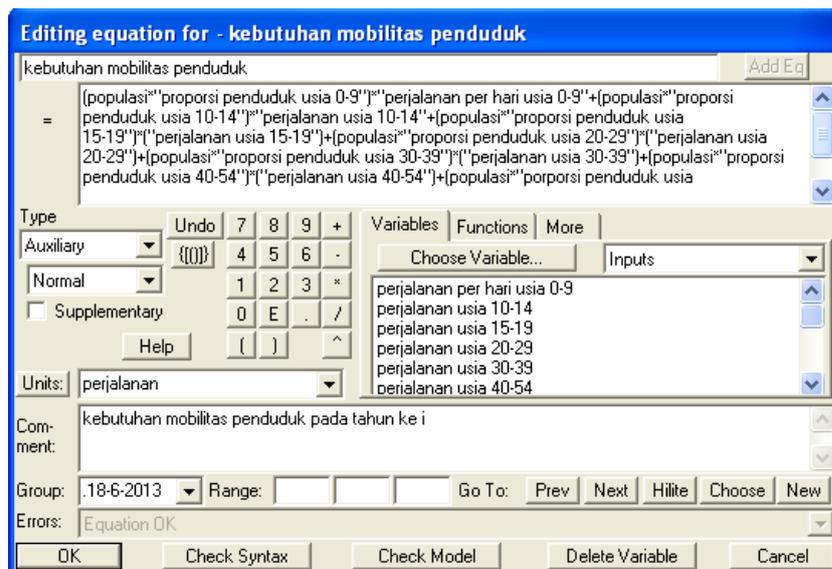
Formulasi dapat dibuat atau dirancang berdasarkan data historis.

- Pendapat ahli

Pada sumber formulasi yang kedua ini formulasi dapat dikembangkan berdasarkan pendapat dari *expert* (pihak yang berkompeten) mengenai objek yang dijadikan penelitian.

- Formula atau rumus yang sudah terbukti kebenarannya

Berdasarkan sumber ini, formula yang digunakan berasal dari formula atau rumus yang sudah terbukti kebenarannya.



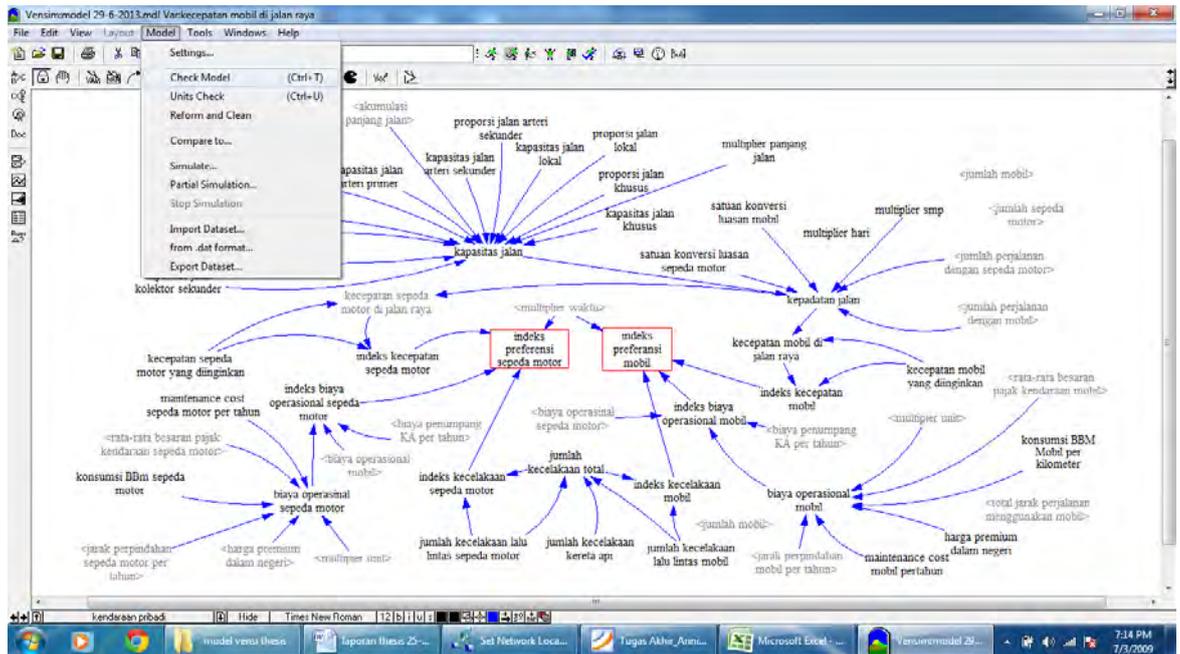
Gambar 4.11 Ilustrasi proses formulasi model

4.5. Verifikasi dan Validasi Model

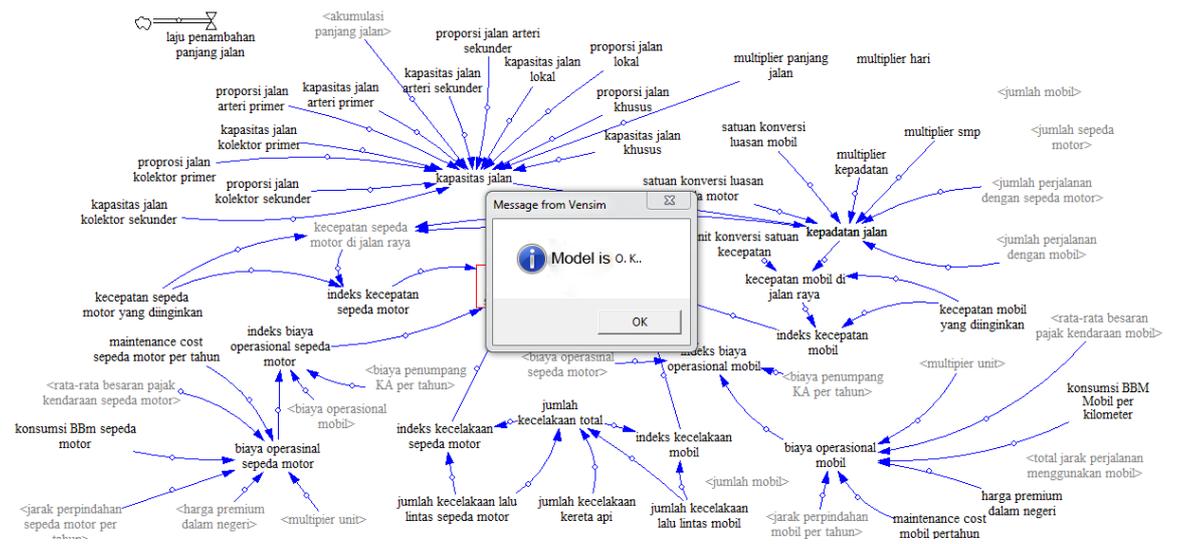
Tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah verifikasi dan validasi model. Tahapan ini dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa tidak terjadi eror pada model yang dibuat. Selain itu tahapan ini juga bertujuan untuk membandingkan struktur dan perilaku model dengan struktur dan perilaku pada sistem nyata sehingga pada akhirnya dapat disimpulkan bahwa model yang dibuat mencerminkan kondisi dari sistem nyata (representatif).

4.4.1. Verifikasi Model

Verifikasi yang dilakukan terdiri dari 2 tahapan yaitu verifikasi unit satuan dan verifikasi struktur model. Pada tahap verifikasi unit satuan bertujuan agar satuan konversi yang digunakan pada model yang dibuat sesuai dengan satuan yang seharusnya. Tahap selanjutnya adalah verifikasi model. Verifikasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan bantuan software (verifikasi software) yaitu menggunakan fitur verifikasi pada *software ventana simulation*.

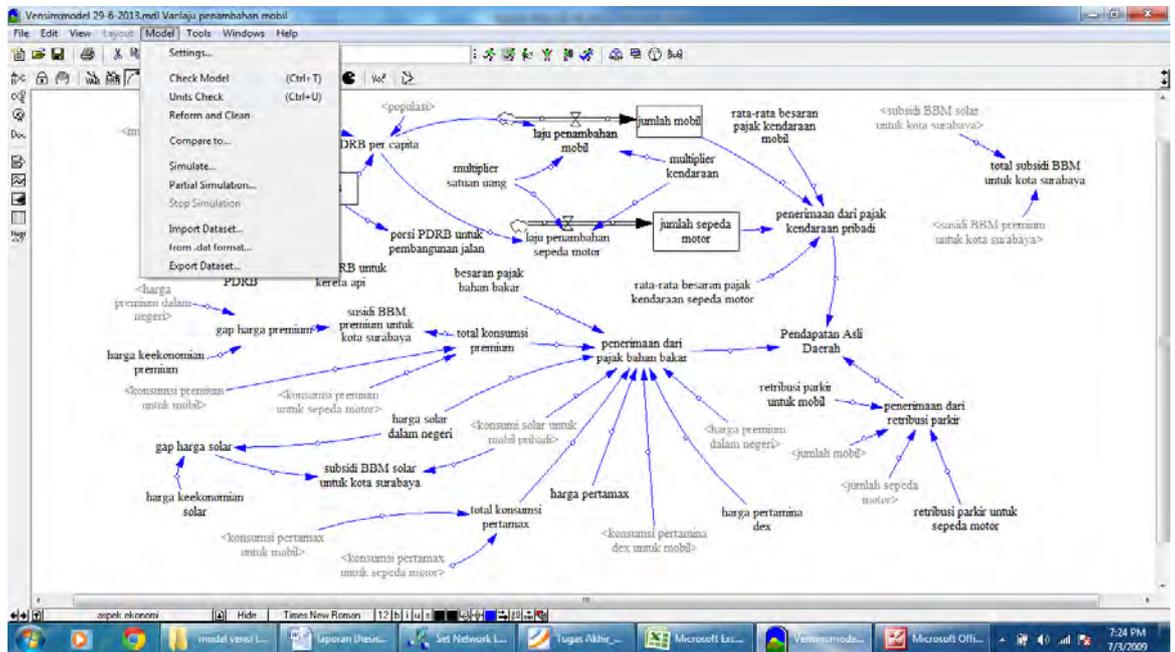


(a). Model Checking

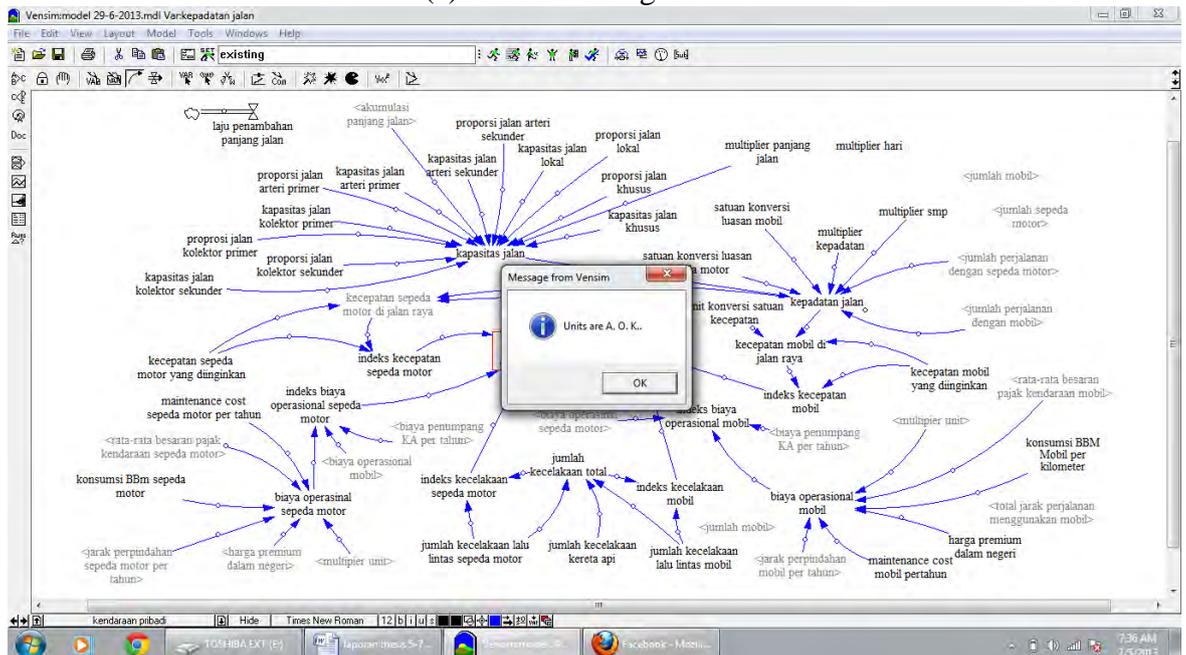


(b) Hasil Simulasi Untuk Pengecekan Formulasi Model

Gambar 4.12 Verifikasi Formulasi Model



(a) Unit Checking



(b) Hasil Simulasi Untuk Pengecekan Unit Model

Gambar 4.13 Verifikasi Unit Model

4.4.2. Validasi Model

Validasi model merupakan pertimbangan utama dalam mengevaluasi apakah model yang dibuat representatif dengan keadaan nyata. Pengujian secara statistik mungkin tidak digunakan karena seluruh faktor dalam sistem nyata

berpengaruh pada perilaku model. Terdapat 2 metode yang digunakan dalam melakukan validasi model yaitu metode *black box* dan *white box*. Metode validasi *white box* dilakukan dengan cara memberikan hubungan antar variabel dalam model sesuai dengan pendapat orang yang ahli (*expert*) terkait obyek yang diamati. Sedangkan metode validasi yang kedua yaitu metode validasi *black box* dilakukan dengan cara membandingkan nilai hasil simulasi dengan nilai aktual dari sistem nyata. Terdapat beberapa pengujian yang diperlukan dalam proses validasi model. Pengujian yang dilakukan diantaranya yaitu:

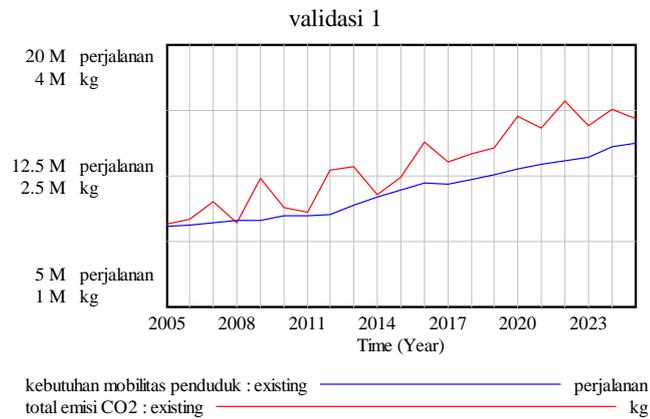
a. Uji Struktur Model

Pada pengujian ini dilakukan dengan tujuan menguji apakah struktur model yang dibuat sudah sesuai dengan struktur sistem nyata. Dengan uji ini diharapkan faktor penting yang berpengaruh pada sistem nyata dapat tercermin dalam model. Pengujian struktur model melibatkan orang-orang yang memiliki pengetahuan dan relevan dengan sistem transportasi khususnya perkeretaapian yang dimodelkan.

Variabel yang terkait dengan sistem transportasi khususnya perkeretaapian didapatkan dengan cara observasi maupun data sekunder dan divalidasi dengan cara *brainstorming* dengan orang yang relevan dengan bidang amatan. Berdasarkan *brainstorming* evaluator sudah menerima formulasi dan unit satuan pada mode, sehingga model dinyatakan valid.

b. Uji Parameter Model

Pengujian parameter model dilakukan dengan cara membandingkan pola perilaku dari dua variabel yang saling berhubungan. Hal yang dibandingkan dari kedua variabel tersebut adalah logika aktual dengan hasil simulasi. Hasil simulasi yang baik adalah ketika jika pola perilaku dari variabel yang dimodelkan sama dengan logika aktual. Dalam penelitian ini variabel yang dibandingkan adalah jumlah kebutuhan mobilitas penduduk dan total emisi CO₂. Pola perilaku hasil simulasi dari variabel tersebut dapat dilihat pada gambar



Gambar 4.14 Perbandingan Kebutuhan Mobilitas Penduduk dengan Total Emisi CO₂

Berdasarkan Gambar 4.12 terlihat bahwa parameter simulasi model sudah berjalan sesuai dengan logika aktual, yaitu ketika kebutuhan mobilitas penduduk naik maka total emisi CO₂ akan naik. Namun, kenaikan yang terjadi tidak sehalus pada kebutuhan mobilitas penduduk hal ini dikarenakan perubahan proporsi dari moda transportasi yang digunakan per tahunnya.

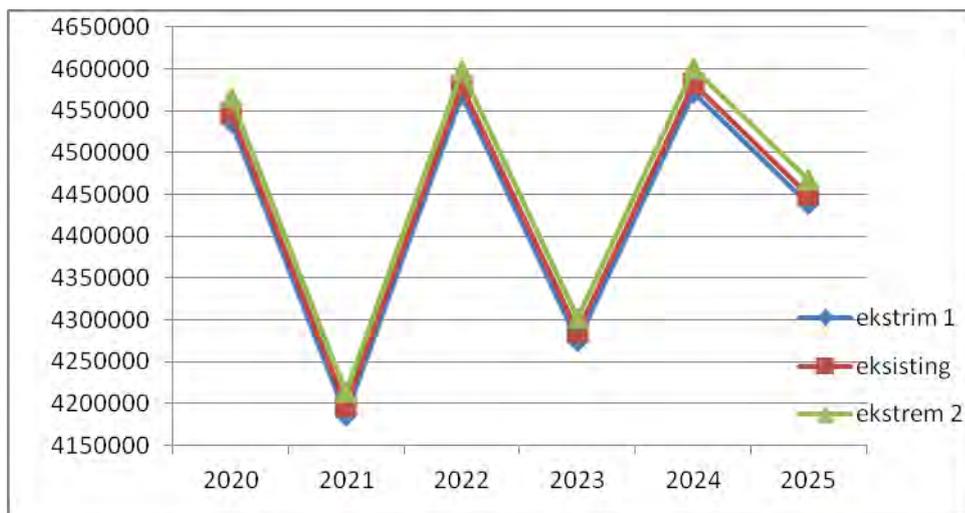
c. Uji Kecukupan Batasan

Batasan model harus mencerminkan kesesuaian dengan tujuan penelitian yang dirancang. Tujuan pembuatan model adalah melakukan kajian revitalisasi kereta api untuk mewujudkan *urban sustainable transportaion system* di kota Surabaya. Pada tahap pembuatan batasan model ini dilakukan dengan menguji setiap variabel yang dimasukkan ke dalam model. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah variabel yang dimasukkan tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap tujuan model. Jika berdasarkan pengujian didapatkan salah satu variabel tidak berpengaruh terhadap tujuan model, maka variabel tersebut tidak perlu dimasukkan dalam model revitalisasi kereta api ini.

d. Uji Kondisi Ekstrim

Pengujian selanjutnya yang dilakukan untuk menjamin bahwa model yang dibuat memiliki logika yang mirip dengan sistem nyata adalah pengujian kondisi ekstrim. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan

kemampuan model apakah dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi ekstrim. Pada penelitian ini uji kondisi ekstrim dengan memasukan variasi pada harga BBM dalam negeri, dimana pada kondisi ekstrim 1 diberlakukan harga BBM sebesar Rp 3000,-, kemudian pada kondisi eksisting menggunakan harga BBM sebesar Rp 6500,-, sedangkan pada kondisi ekstrim 2 menggunakan harga BBM sebesar Rp 10.000,-. Hasil dari uji kondisi ekstrim dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Uji Kondisi Ekstrim

e. Uji Perilaku Model/ Replikasi

Tujuan dilakukanya uji perilaku model adalah untuk mengetahui seberapa mirip perilaku model dan perilaku pada sistem nyata. Sehingga hasil dari uji dapat diketahui apakah model yang dibuat dapat merepresentasikan sistem nyata atau tidak. Uji perilaku model dilakukan dengan melakukan perbandingan antara perilaku model dengan perilaku sistem nyata. Pada uji ini data masa lalu (historis) dari sistem nyata dibandingkan secara kuantitatif dengan hasil keluaran dari model.

Model revitaliasi kereta api akan divalidasi secara kuantitatif dengan metode *black box* (Barlas, 1996) dan *Kalman Filter* (Kalman, 1960). Metode *black box* dilakukan dengan membandingkan nilai pada data aktual dengan nilai pada nilai pada data hasil simulasi untuk menemukan nilai *Error* digunakan persamaan 4.3:

$$E = |(S - A)/A| \quad (4-3)$$

Keterangan:

A = Data aktual

S = Data hasil simulasi

E = Variansi *Error* antara data aktual dan data simulasi, dimana jika $E < 0,1$ maka dapat dinyatakan model valid

Model simulasi sistem dinamik sistem transportasi ini dimulasikan dalam waktu per tahun mulai dari tahun 2005 hingga tahun 2025. Sehingga data yang diperbandingkan disesuaikan dengan ketersediaan data aktual.

- Validasi Perilaku model untuk data populasi

Tabel 4.20 Perhitungan *Error* Antara Data Aktual dan Data Simulasi Pada jumlah populasi di Kota Surabaya

waktu (tahun)	Jumlah Mobil Simulasi (S)	Jumlah Mobil Aktual (A)	Error
2005	2668097	2668097	
2006	2692724	2681971	0.00401
2007	2667131	2695918	0.01068
2008	2778871	2709936	0.02544
2009	2802140	2724028	0.02868
2010	2875039	2738193	0.04998
rata-rata			0.02376

Berdasarkan perhitungan *Error* untuk data populasi yang disajikan pada tabel 4.16, nilai rata-rata *Error* adalah 0.02376. rata-rata *Error* lebih kecil dari 0,1. Dengan demikian model dapat dikatakan valid dari validasi berdasarkan data aktual populasi.

- Validasi Perilaku model untuk data jumlah mobil

Tabel 4.21 Perhitungan *Error* Antara Data Aktual dan Data Simulasi Pada Jumlah Mobil di Kota Surabaya

waktu (tahun)	Jumlah Mobil Simulasi (S)	Jumlah Mobil Aktual (A)	Error
2005	218367		
2006	227803	228195	0.00172
2007	235798	232888	0.01250
2008	244450	244435	0.00006
2009	254135	270029	0.05886
rata-rata			0.01828

Berdasarkan perhitungan *Error* untuk data jumlah mobil yang disajikan pada tabel 4.17, nilai rata-rata *Error* adalah 0.01828. rata-rata *Error* lebih kecil dari 0,1. Dengan demikian model dapat dikatakan valid dari validasi berdasarkan data aktual jumlah mobil.

- Validasi Perilaku Model Untuk Data Jumlah Sepeda Motor

Tabel 4.22 Perhitungan *Error* Antara Data Aktual dan Data Simulasi Pada Jumlah Sepeda Motor di Kota Surabaya

waktu (tahun)	Jumlah Sepeda Motor Simulasi (S)	Jumlah Sepeda Motor Aktual (A)	Eror
2005	883838		
2006	941622	928686	0.013929
2007	1002305	972645	0.030494
2008	1062045	1028686	0.032429
2009	1119028	1157405	0.033158
rata-rata			0.027503

Berdasarkan perhitungan *Error* untuk data jumlah sepeda motoryang disajikan pada tabel 4.18, nilai rata-rata *Error* adalah 0.027503. Rata-rata *error* lebih kecil dari 0,1. Dengan demikian model dapat dikatakan valid dari validasi berdasarkan data aktual jumlah sepeda motor.

- Validasi Perilaku Model Untuk Data PDRB Kota Surabaya

Tabel 4.23 Perhitungan *Error* Antara Data Aktual dan Data Simulasi Pendapatan Domestik regional Bruto di Kota Surabaya

waktu (tahun)	PDRB Simulasi (S)	PDRB Aktual (A)	Eror
2005	59,878,001,344,512	59,877,994,000,000	
2006	62,639,761,784,832	63,678,350,000,000	0.01631
2007	65,352,268,513,280	67,538,907,000,000	0.03238
2008	69,671,411,777,536	71,913,820,000,000	0.03118
2009	72,921,036,881,920	75,727,017,000,000	0.03705
rata-rata			0.02923

Berdasarkan perhitungan *Error* untuk data Pendapatan Regional Bruto (PDRB) yang disajikan pada tabel 4.19, nilai rata-rata *Error* adalah 0.02923. rata-rata *Error* lebih kecil dari

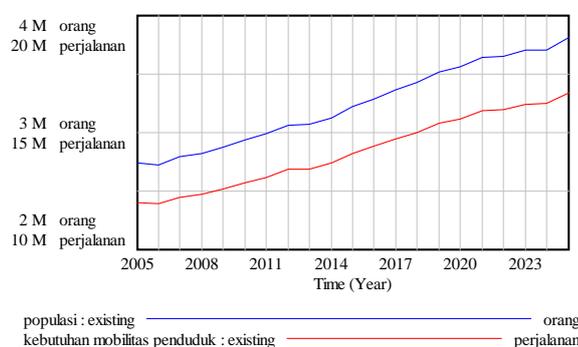
0,1. Dengan demikian model dapat dikatakan valid dari validasi berdasarkan data aktual jumlah sepeda motor.

4.6. Simulasi Model

Pada sub bab ini akan diuraikan mengenai hasil dari simulasi yang sudah dilakukan dengan bantuan *software* VENSIM. Simulasi yang pertama ini dilakukan pada kondisi eksisting atau biasa disebut *business as usual* dengan rentang waktu 20 tahun yaitu antara tahun 2005 hingga tahun 2025. Pada kondisi eksisting ini tidak instrumen apapun terkait kereta api. Simulasi dijalankan dengan menggunakan satuan tahun. Sesuai dengan tujuan penelitian, dimana yang menjadi fokus utama adalah pemodelan revitalisasi kereta api menuju *urban sustainable transportation system* studi kasus kota Surabaya. Dampak yang diukur, terdapat 3 dampak yaitu dampak dalam ketiga aspek sustainabilitas atau yang dikenal dengan *triple bottom line* yaitu aspek lingkungan, ekonomi dan sosial.

4.5.1. Kebutuhan Mobilitas Penduduk

Berdasar hasil simulasi pada sub model pertama yaitu populasi dan kebutuhan mobilitas didapatkan bahwa kebutuhan mobilitas akan meningkat seiring berjalannya waktu. Pada tahun 2005 (awal periode simulasi) jumlah penduduk sebesar 2740490 penduduk menjadi 3846929 penduduk pada tahun 2025. Pertumbuhan jumlah penduduk akan secara proporsional akan berimbas terhadap kenaikan jumlah kebutuhan mobilitas penduduk. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Populasi dan Kebutuhan Mobilitas

Peningkatan jumlah populasi dan peningkatan jumlah kebutuhan mobilitas penduduk di kota Surabaya juga diiringi kenaikan jumlah PDRB kota

Surbaya. PDRB kota Surabaya pada tahun 2005 sebesar 59,87 triliun naik menjadi 181,03 Triliun pada tahun 2025. Peningkatan PDRB berakibat secara langsung pada jumlah unit kendaraan pribadi, baik mobil maupun sepeda motor. Peningkatan PDRB yang diikuti peningkatan jumlah kendaraan pribadi baik mobil maupun sepeda motor dapat dilihat pada tabel 4.24. Pada simulasi kondisi eksisting ini jumlah mobil akan naik seiring berjalanya waktu. Jumlah mobil pada tahun 2005 sebesar 218367 kemudian meningkat menjadi 434338 pada tahun 2025. Demikian halnya pada sepeda motor, dimana pada tahun 2005 didapatkan bahwa jumlah sepeda motor sebesar 317428 unit kemudian terus meningkat hingga mencapai 434010 unit pada 2025.

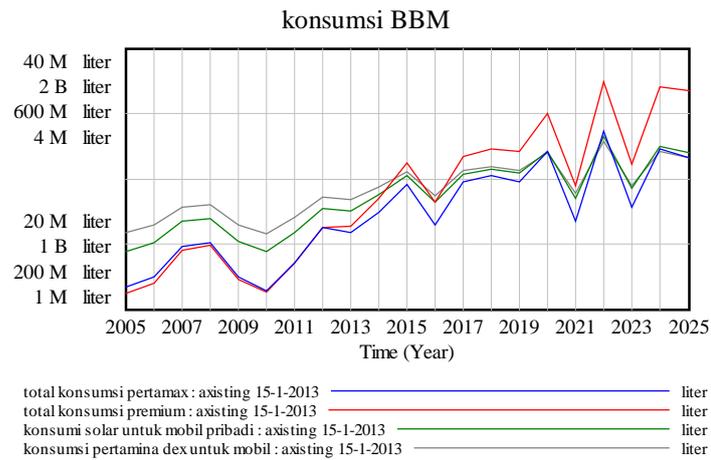
Tabel 4.24 Jumlah Mobil dan PDRB Kota Surabaya

Time (Year)	PDRB (Rupiah)	jumlah mobil (unit)	Jumlah sepeda motor (unit)
2005	59,878,001,344,512	218367	883838
2006	63,483,232,124,928	227803	941622
2007	68,324,482,351,104	235798	1002305
2008	72,800,417,087,488	244450	1062045
2009	76,823,878,696,960	254135	1119028
2010	82,172,866,199,552	263366	1184229
2011	86,674,730,123,264	272366	1251290
2012	92,264,672,002,048	283108	1317495
2013	95,865,398,099,968	292253	1385688
2014	103,036,164,767,744	302462	1459083
2015	108,252,528,377,856	312175	1528849
2016	114,235,325,546,496	323782	1605881
2017	119,347,620,085,760	336602	1679564
2018	126,844,963,651,584	347224	1754530
2019	132,104,486,649,856	359890	1825128
2020	139,541,071,527,936	370803	1897221
2021	149,052,847,030,272	381896	1977474
2022	156,505,554,812,928	395361	2057028
2023	163,724,069,437,440	407018	2134990
2024	170,101,726,773,248	421585	2213300
2025	181,032,921,858,048	434338	2301447

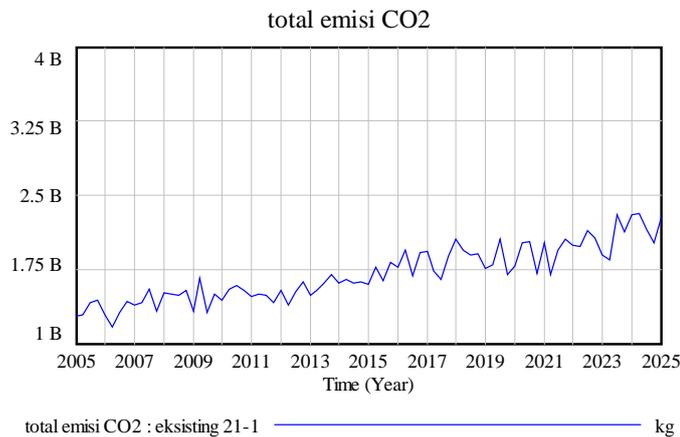
4.5.2. Aspek Lingkungan

Model eksisting dikembangkan dari sudut pandang populasi dan kebutuhan mobilitas terlebih dahulu. Berdasarkan kebutuhan mobilitas selanjutnya dihitung konsumsi BBM yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan

transportasi. Kebutuhan konsumsi BBM dipengaruhi oleh jumlah perjalanan yang dilakukan oleh masyarakat dengan menggunakan masing-masing jenis moda transportasi, dimana masing-masing moda transportasi memiliki nilai konsumsi BBM per kilometer yang berbeda. Pada gambar 4.17 disajikan grafik konsumsi BBM di kota Surabaya.



Gambar 4.17 Konsumsi Per Jenis BBM



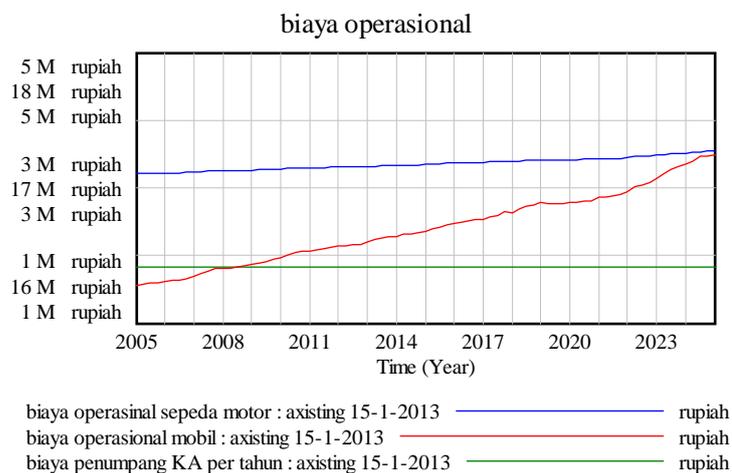
Gambar 4.18 Emisi CO₂ Dari Kegiatan Transportasi

Hasil selanjutnya dari simulasi yang dilakukan berkaitan dengan emisi Gas Buang kendaraan (Gambar 4.18). Pada penelitian ini yang digunakan sebagai parameter adalah gas CO₂. Berdasarkan hasil simulasi existing didapatkan hasil bahwa pada tahun 2005 yang menjadi awal periode simulasi emisi yang dihasilkan

dari sektor transportasi sebesar 1,271 juta kg CO₂ sedangkan pada tahun 2025 meningkat menjadi 2,279 juta kg CO₂.

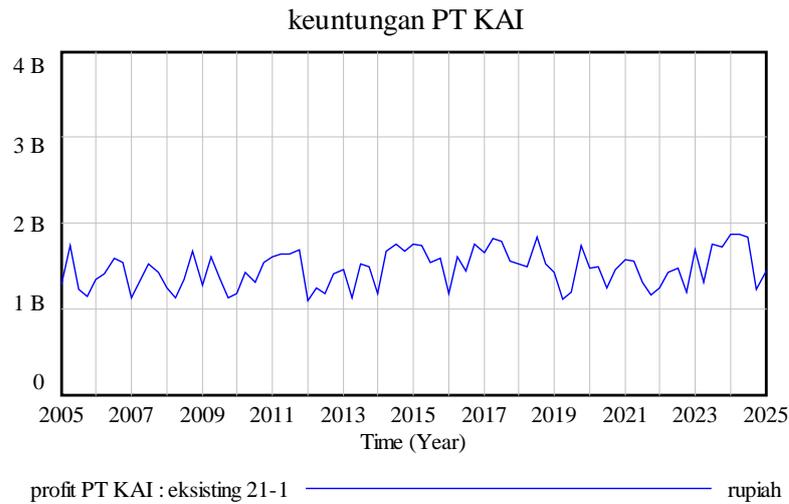
4.5.3. Aspek Ekonomi

Hasil selanjutnya dari simulasi yang dilakukan berkaitan dengan Pendapatan Asli daerah (PAD). Besaran pendapatan asli daerah merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat sustainabilitas. Berdasarkan hasil simulasi existing didapatkan hasil bahwa pada tahun 2005 yang menjadi awal periode simulasi pendapatan yang dihasilkan dari sektor transportasi sebesar Rp. 1,137,883,873,280,- sedangkan pada tahun 2025 meningkat menjadi Rp. 2,347,280,367,616,-. Peningkatan ini seiring dengan penambahan penduduk dan jumlah kendaraan yang ada di kota Surabaya.



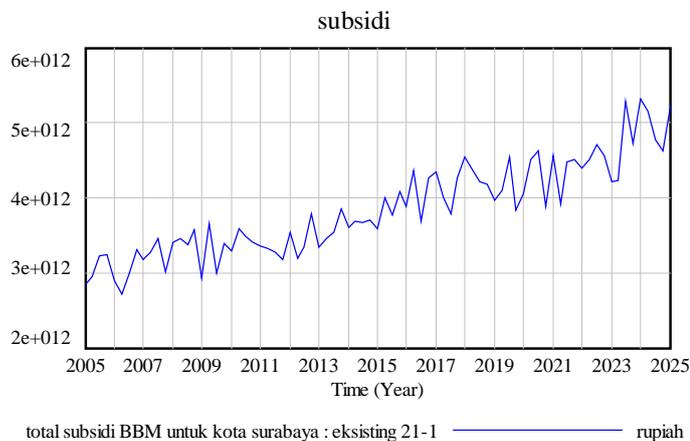
Gambar 4.19 Biaya Operasional Pertahun Untuk Masing-Masing Moda Transportasi

Hasil selanjutnya dari simulasi yang dilakukan berkaitan dengan biaya operasional pada masing-masing moda transportasi. Biaya operasional untuk sepeda motor pada tahun 2005 sebesar Rp. 3.210.000,- menjadi Rp. 3.545.000,-. Sedangkan untuk mobil biaya operasional pertahunnya pada tahun 2005 adalah sebesar Rp. 16.270.000,- meningkat menjadi Rp. 17.257.026,- pada tahun 2025. Sedangkan untuk biaya operasional dari penggunaan kereta api adalah Rp. 2.920.000,- pertahun. Pada gambar 4.19 disajikan data biaya operasional masing-masing moda transportasi.



Gambar 4.20 Keuntungan PT KAI

Pada gambar 4.20 disajikan keuntungan yang didapatkan PT KAI dari beroperasinya kereta komuter di DAOP 8. Keuntungan yang didapatkan PT KAI berkisar antara 1,2 Milyar rupiah hingga 1,6 Milyar rupiah adapaun fluktuasi pada keuntungan yang didapatkan disebabkan karena adanya fluktuasi pada jumlah penumpang kereta api.

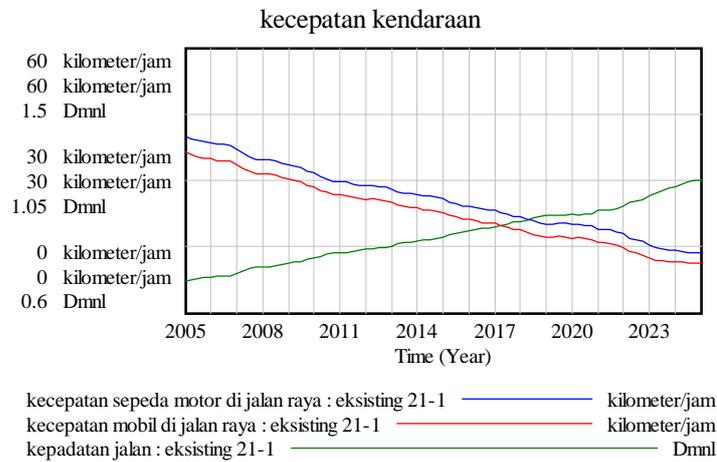


Gambar 4.21 Subsidi BBM Untuk Kota Surabaya

Besaran subsidi BBM berhubungan linier dengan konsumsi BBM di kotas Surabaya. Berdasarkan simulasi didapatkan nilai subsidi BBM sebesar Rp 2.854.195.298.304,- pada tahun 2005 dan naik menjadi Rp 4.801.885.634.560,- pada tahun 2025. Berdasarkan hasil dari simulasi dapat terlihat bahwa

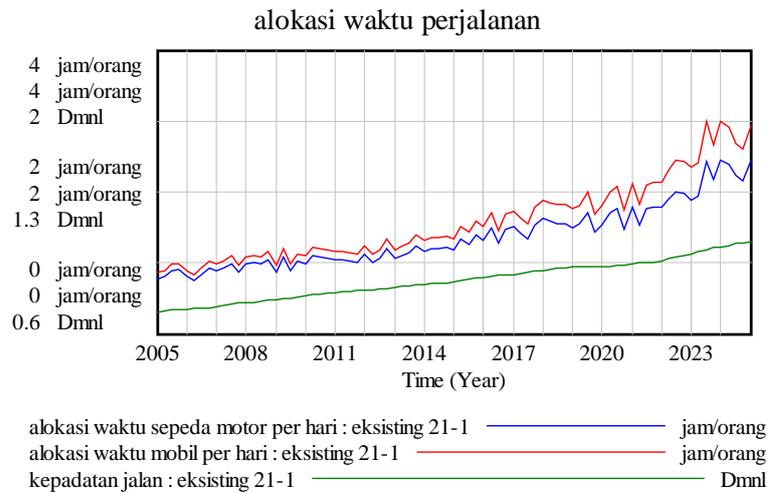
pengeluaran negara yang ditimbulkan dari belanja subsidi BBM untuk kota Surabaya menunjukkan angka yang cukup besar, seperti terlihat pada gambar 4.19.

4.5.4. Aspek Sosial



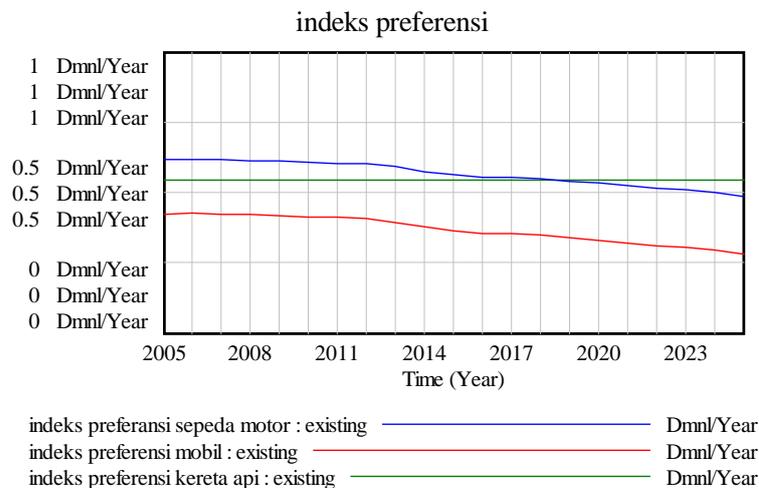
Gambar 4.22 Kecepatan Kendaraan Di Jalan Raya

Salah satu aspek sosial terkait dengan sistem transportasi yang dikaji dalam penelitian ini adalah terkait dengan kecepatan kendaraan pribadi di jalan raya, baik sepeda motor maupun mobil. Kepadatan kendaraan dipicu oleh jumlah perjalanan yang dilakukan dengan menggunakan sepeda motor dan mobil. Pada gambar 4.22 terlihat penurunan kecepatan kendaraan pribadi di jalan raya yang disebabkan peningkatan kepadatan kendaraan di jalan raya. Pada tahun 2005 angka kepadatan jalan raya di kota Surabaya sebesar 0,7070 menjadi 1,050 pada tahun 2025. Kenaikan kepadatan kendaraan di jalan raya akan berdampak pada penurunan kecepatan kendaraan di jalan raya. Kecepatan rata-rata sepeda motor di jalan raya pada tahun 2005 sebesar 40,03 km/jam menurun hingga mencapai 13,47 km/jam pada tahun 2025. Hal yang sama juga terjadi pada mobil, hasil simulasi didapatkan bahwa pada tahun 2005 kecepatan rata-rata di jalan raya mencapai 36,29 km/jam dan menurun hingga mencapai 11,23 km/jam pada tahun 2025.



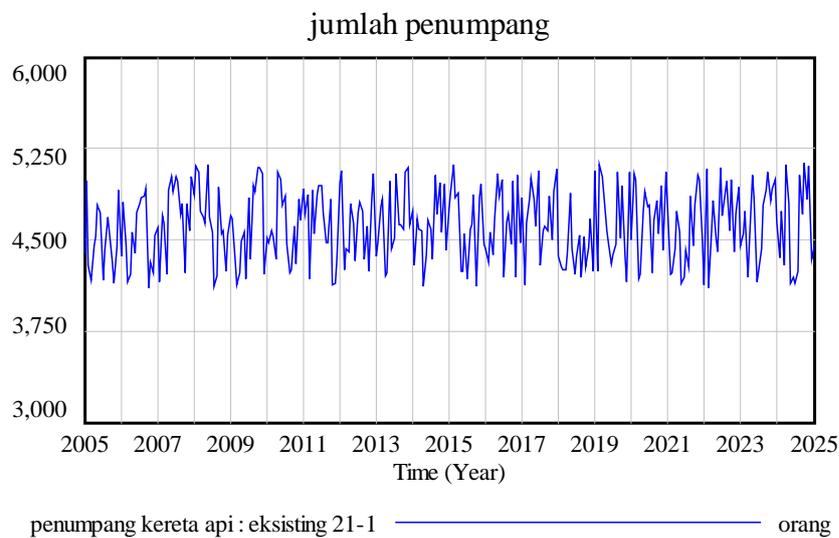
Gambar 4.23 Alokasi Waktu Untuk Kegiatan Transportasi

Pada gambar 4.23 ditampilkan alokasi waktu yang dibutuhkan bagi pengendara kendaraan pribadi untuk melakukan kegiatan transportasi. Kisaran panjang jarak tempuh per hari warga kota Surabaya berkisar antara 29 km hingga 36 km. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan bagi pengendara sepeda motor pada tahun 2005 dibutuhkan waktu 0,7785 jam meningkat sehingga pada tahun 2025 menjadi 2,422 jam. Sedangkan untuk pengendara mobil waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan transportasi perharinya pada tahun 2005 adalah sebesar 0,85 jam dan meningkat sehingga pada tahun 2025 menjadi 2,917 jam. Peningkatan waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan transportasi disebabkan karena penurunan kecepatan kendaraan di jaalan raya, baik sepeda motor maupun mobil.



Gambar 4.24 Indeks Preferensi Permoda Transportasi

Pada gambar 4.24 disajikan ilustrasi mengenai indeks preferensi masing-masing moda transportasi. Indeks preferensi dari sepeda motor adalah sebesar 0.6159 pada tahun 2005 turun menjadi 0.4952. Indeks preferensi untuk mobil adalah sebesar 0,4242 pada tahun 2005 menjadi 0,2911 pada tahun 2025. Sedangkan untuk kereta api sebesar 0,5358 pada tahun 2005 menjadi 0,5320 pada tahun 2025. Penurunan indeks preferensi pada kendaraan pribadi terjadi dikarenakan penurunan kecepatan berkendara yang merupakan faktor utama dari indeks preferensi sepeda motor dan mobil.



Gambar 4.25 Jumlah Penumpang KA Perhari

Pada gambar 4.25 disajikan hasil simulasi terkait dengan jumlah penumpang KA per hari. Fluktuasi penumpang berkisar antara 4000 penumpang perhari hingga 5000 penumpang per hari. Jumlah tersebut relatif kecil mengingat Surabaya merupakan kota metropolitan. Sebagai tambahan informasi bahwa di DKI Jakarta pada tahun 2013 ini kereta api perkotaan atau yang disebut komuter line mengangkut penumpang rata-rata sebesar 600.000 orang per hari (Jokowidodo, 2013).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

MODEL SKENARIO KEBIJAKAN

Berdasarkan model eksisting yang sudah dikembangkan dan disimulasikan pada bab IV, maka selanjutnya model dapat dikembangkan lebih lanjut untuk merancang skenario-skenario kebijakan terkait sistem transportasi khususnya perkereta apian.

- Skenario penambahan jumlah stasiun kereta api di kota Surabaya
- Skenario penambahan kapasitas parkir di stasiun
- Skenario pengaktifan jalur KA
- Skenario penambahan jumlah keberangkatan KA
- Skenario penambahan jumlah rangkaian KA

5.1. Skenario 2: Penambahan Jumlah Stasiun

Penambahan jumlah stasiun dimaksudkan untuk meningkatkan accessibility dari kereta api, dengan bertambahnya jumlah stasiun maka akan mempermudah masyarakat untuk menjangkau tempat pemberhentian dan pemberangkatan kereta api. Setiap stasiun memiliki radius keterjangkauan oleh masyarakat atau yang disebut dengan *coverage area*, sehingga dengan penambahan *coverage area* keseluruhan sistem kereta api. Diharapkan dengan penambahan stasiun maa dapat mewakili simpul-simpul kegiatan masyarakat yang pada akhirnya dapat meningkatkan indeks preferensi kereta api. Pada skenario ini akan dilakukan konversi semua stasiun yang ada di kota Surabaya menjadi stasiun penumpang. Seperti yang sudah dijelaskan pada tabel 2.4 bahwa di kota Surabaya saat ini terdapat 16 stasiun dengan 12 diantaranya yang digunakan sebagai sebagai stasiun penumpang. Pada skenario 2 ini seluruh stasiun yang ada di kota Surabaya akan digunakan sebagai stasiun penumpang tanpa menghilangkan fungsi stasiun sebelum dilakukan konversi. Penjelasan untuk stasiun yang dikonversi yaitu stasiun sidotopo yang sebelumnya hanya berfungsi sebagai depo pemeliharaan kereta ditambah fungsinya sebagai stasiun pemberangkatan dan pemberhentian penumpang dan stasiun benteng yang selama ini hanya digunakan sebagai stasiun bongkar muat penumpang ditambah fungsinya sebagai stasiun pemberangkatan

dan pemberhentian penumpang. Langkah selanjutnya yaitu reaktifasi stasiun yang saat ini tidak diaktifkan sebagai stasiun penumpang. Stasiun yang saat ini tidak aktif yaitu stasiun Mesigit dan stasiun Kalimas. Selain mengkonversi dan reaktifasi stasiun non penumpang yang sudah ada menjadi stasiun penumpang juga dilakukan penambahan 2 stasiun baru, berdasarkan diskusi yang dilakukan dengan pihak PT KAI diperoleh daerah yang perlu dilakukan penambahan stasiun diantaranya di daerah ketintang dan gayungsari.

5.2. Skenario 3: Penambahan Kapasita Parkir Pada Stasiun

Salah satu yang menjadi prasarana yang penting diperhatikan terkait dengan kualitas layanan dari sebuah stasiun adalah kapasitas parkir pada stasiun tersebut. Tempat parkir menjadi penting karena hal tersebut dapat mempermudah dalam menjangkau stasiun kereta api. Hal ini untuk mengakomodasi penumpang kereta api yang mengendarai kendaraan untuk menuju ke stasiun. Kebutuhan akan tempat parkir, dikarenakan belum adanya sarana *feeder* atau moda transportasi pengumpan penumpang menuju stasiun kereta api. Saat ini jumlah kapasitas parkir dari stasiun yang ada di kota Surabaya 225 mobil dan 1050 sepeda motor. Pada skenario 3 ini akan dilakukan penambahan kapasitas parkir di stasiun kota Surabaya. Penambahan yang direncanakan pada skenario ini adalah sebesar 850 mobil dari yang sebelumnya 225 mobil, dan 2800 sepeda motor dari yang sebelumnya hanya sebesar 1050 sepeda motor. Perincian kapasitas parkir yang ada di kota Surabaya pada kondisi eksisting dan rencana penambahan pada skenario 2 disajikan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Perincian Kapasitas Parkir di Seluruh Stasiun Kota Surabaya

No	Stasiun	status	keterangan	kapasitas parkir mobil (existing)	kapasitas parkir sepeda motor (existing)	kapasitas parkir mobil	kapasitas parkir sepeda motor
	Stasiun Besar						
1	Stasiun Wonokromo	Aktif	Stasiun penumpang	0	150	50	300
2	Stasiun Gubeng	Aktif	Stasiun penumpang	50	300	150	300
3	Stasiun Surabaya Kota	Aktif	Stasiun penumpang	75	300	150	300

4	Stasiun Sidotopo	Aktif	Depo pemeliharaan			25	100
5	Stasiun Pasar Turi	Aktif	Stasiun penumpang	75	300	150	300
	Stasiun Kecil						
6	Stasiun Waru	Aktif	Stasiun penumpang			50	300
7	Halte Kertomenanggal	Aktif	Stasiun penumpang			25	100
8	Halte Jemursari	Aktif	Stasiun penumpang			25	100
9	Halte Margorejo	Aktif	Stasiun penumpang			25	100
10	Halte Ngagel	Aktif	Stasiun penumpang			25	100
11	Stasiun Benteng	Aktif	Stasiun peti kemas			25	100
12	Stasiun Mesigit	Tidak aktif	-			25	100
13	Stasiun Kalimas	Tidak aktif	-			25	100
14	Stasiun Tandes	Aktif	Stasiun penumpang			25	100
15	Stasiun Kandangan	Aktif	Stasiun penumpang			25	100
16	Stasiun Benowo	Aktif	Stasiun penumpang			50	300
Total				225	1050	850	2800

5.3. Skenario 4: Reaktifasi dan Penambahan Jalur KA

Pada tahun 2014 direncanakan akan dioperasikan jalur ganda kereta api untuk jalur Pantura. Dengan demikian pada koridor jalur yang dilalui oleh komuter Surabaya Lamongan akan terdapat penambahan jalur lintasan menjadi jalur ganda dari kondisi saat yang masih berupa jalur tunggal. Penambahan jalur akan berdampak pada jumlah perjalanan yang bisa dilakukan.

Selain itu penambahan jalur yang dimaksudkan diatas dalam skenario 4 adalah reaktifasi jalur kereta api antara Jalan Raya Gubeng (Gubeng Bulevard) hingga Kapasan. Reaktifasi jalur ini bisa dikategorikan revitalisasi dikarenakan jalur ini pernah ada dan dioperasikan oleh DAOPS VIII Surabaya.

5.4. Skenario 5: Penambahan Jumlah Keberangkatan KA

Saat ini jumlah keberangkatan kereta api di kota Surabaya untuk kereta api komuter berjumlah 18 keberangkatan. Pada skenario 5 ini dilakukan penambahan jumlah keberangkatan hingga utilitas KA mencapai 100% pada saat jumlah jalur. Penambahan jumlah keberangkatan dilakukan dengan maksud untuk meningkatkan kapasitas angkut dari kereta api. Saat ini jalur yang ada sebanyak 3 jalur kereta api, dimana masing-masing jalur maksimum dapat dilalui oleh 16 jadwal keberangkatan KA. Dengan demikian jumlah maksimum keberangkatan yang bisa dilakukan dari sudut pandang jalur adalah sebanyak 48 jadwal keberangkatan. Disisi lain saat ini hanya terdapat 3 rangkaian KA untuk melayani jalur komuter di Surabaya. Tiap rangkaian KA maksimum dapat melayani 8 jadwal keberangkatan, sehingga jumlah keberangkatan maksimum yang bisa dilakukan berdasarkan jumlah rangkaian KA adalah 24 rangkaian KA.

5.5. Skenario 6: Penambahan Jumlah Rangkaian Kereta Api

Pada skenario 6 ini dilakukan penambahan jumlah rangkaian kereta api yang beroperasi sebagai kereta komuter di kota Surabaya. Jumlah penambahan yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan utilitas dari prasarana yang ada dalam hal ini jalur kereta api. Pada kondisi eksisting jumlah rangkaian kereta api yang ada adalah sebanyak 3 rangkaian KA, seperti yang sudah dijelaskan pada skenario 5. Penambahan jumlah rangkaian KA yang dilakukan dimaksudkan untuk mengisi gap yang ada antara keberangkatan maksimum yang bisa dilakukan berdasarkan jumlah jalur dan jumlah keberangkatan maksimum dari sudut pandang jumlah rangkaian KA.

Berdasarkan lima skenario yang telah dijelaskan diatas, kemudian dilakukan simulasi untuk mengetahui dampak dari penerapan masing skenario. Dampak yang diukur dari penerapan keenam skenario tersebut adalah sesuai dengan parameter indeks *sustainability* yaitu aspek lingkungan, aspek ekonomi, dan aspek sosial. Hasil dari simulasi yang dilakukan untuk lima skenario yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada tabel 5.2.

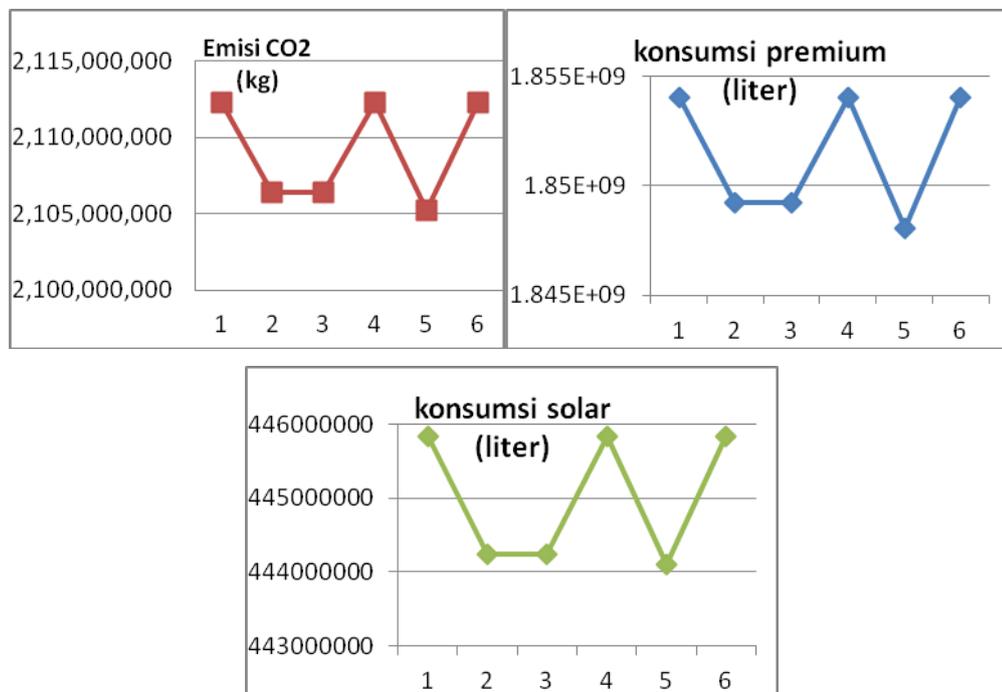
Tabel 5.2 Hasil Simulasi Skenario Kebijakan

Aspek Sustainability		Skenario 2: Penambahan Jumlah Stasiun	Skenario 3: Penambahan Kapasitas Parkir pada stasiun	Skenario 4: Reaktifasi dan Penambahan Jalur KA	Skenario 5: Penambahan Jumlah Keberangkatan KA	Skenario 6: Penambahan Rangkaian KA
Lingkungan	Emisi CO2 (Kg)	2.106.360.320	2.106.360.064	2.112.277.632	2.105.187.072	2.112.277.760
	Konsumsi premium (liter)	1849244416	1849244160	1854036096	1848085248	1854036224
	Konsumsi solar (liter)	130,282,424	130,282,424	130,282,424	130,282,424	130,282,424
	Kepadatan jalan	1,028702	1,028703	1,028702	1,028487	1,028702
Ekonomi	PAD (Rp. 000.000)	2,263,504	2,263,504	2,263,504	2,263,082	2,263,504
	Subsidi BBM (Rp. 000.000)	4,801,885	4,801,885	4,801,885	4,799,250	4,801,885
	Akumulasi Laba PT KAI (Rp. 000.000)	22,705	31,465	22,455	41,493	22,455
	Alokasi APBD untuk revitalisasi KA (Rp. 000.000)	4,800	0	60,000	0	25,000
Sosial	Kecepatan sepeda motor (Km/jam)	14.04	14.04	14.04	14.06	14.04
	Kecepatan mobil (Km/jam)	11.52472	11.52472	11.52472	11.53005	11.52472
	Alokasi waktu pengendara motor (jam/hari)	2,20528	2,205281	2,20528	2,20427	2,20528
	Alokasi waktu pengendara mobil (jam/hari)	2,69505072	2,69505119	2,69505072	2,6942966	2,69505119
	Penumpang KA (orang/hari)	4210	4210	4210	6549	4210

Hasil dari simulasi untuk 5 skenario yang ditampilkan pada tabel 5.2 dapat dilihat dampak dari penerapan masing-masing skenario terhadap parameter sustainability yang menjadi parameter penelitian. Pada pembahasan selanjutnya berdasarkan hasil simulasi yang disajikan pada tabel 5.2 akan dklasifikasikan per aspek *sustainability* (yaitu ekonomi, lingkungan dan sosial) yang diukur untuk memudahkan dalam memahami hasil dari simulasi.

Berdasarkan gambar 5.1 terlihat dampak dari penerapan masing-masing skenario terhadap aspek lingkungan yaitu emisi CO₂, konsumsi premium dan konsumsi solar. Untuk lebih memudahkan dalam pemahaman berikut akan disajikan peringkat untuk pengaruh masing-masing skenario terhadap ketiga parameter dari aspek lingkungan. Skenario yang berpengaruh signifikan terhadap variabel emisi CO₂ adalah sebagai berikut:

1. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)
2. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
3. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
4. Skenario 4 (reaktifasi dan penambahan jalur KA)
5. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)



Gambar 5.1 Hasil Skenario terhadap Aspek Lingkungan

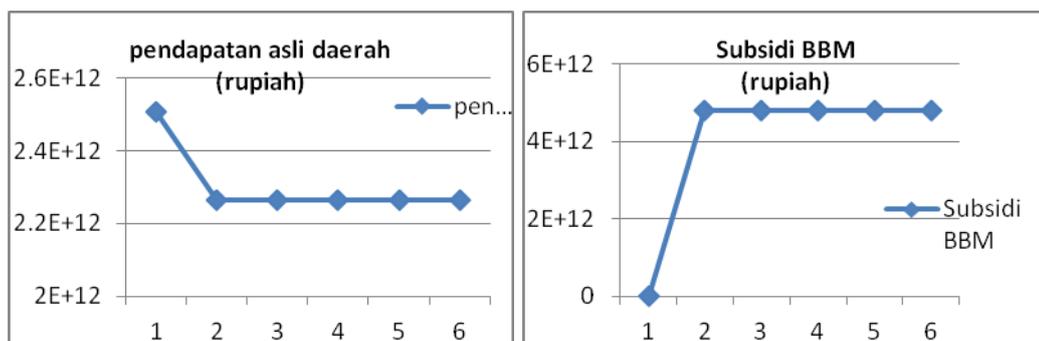
Selanjutnya akan disajikan skenario yang berpengaruh signifikan terhadap variabel konsumsi premium, diantaranya adalah:

1. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)
2. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
3. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
4. Skenario 4 (reaktifasi dan penambahan jalur KA)
5. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)

Kemudian selanjutnya adalah skenario yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel konsumsi solar, diantaranya yaitu:

1. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)
2. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
3. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
4. Skenario 4 (reaktifasi dan penambahan jalur KA)
5. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)

Berdasarkan pemeringkatan diatas terlihat bahwa reaktifasi dan penambah jalur KA merupakan skenario yang berpengaruh paling signifikan terhadap variabel emisi CO₂. Hal ini dikarenakan karakteristik dari variabel emisi CO₂, dimana semakin kecil nilai yang dihasilkan berarti semakin baik pula pengaruh yang diberikan dari skenario yang diterapkan. Berturut-turut setelahnya adalah penerapan skenario penambahan jumlah keberangkatan KA, penambahan jumlah stasiun KA dan yang terakhir penambahan jumlah kapasitas parkir di stasiun. Sedangkan untuk konsumsi premium, skenario yang memberikan dampak paling signifikan yaitu penambahan jumlah keberangkatan KA. Sedangkan untuk konsumsi solar penerapan kelima skenario terlihat tidak memberikan dampak yang signifikan.



Gambar 5.2 Hasil Skenario terhadap Aspek Ekonomi

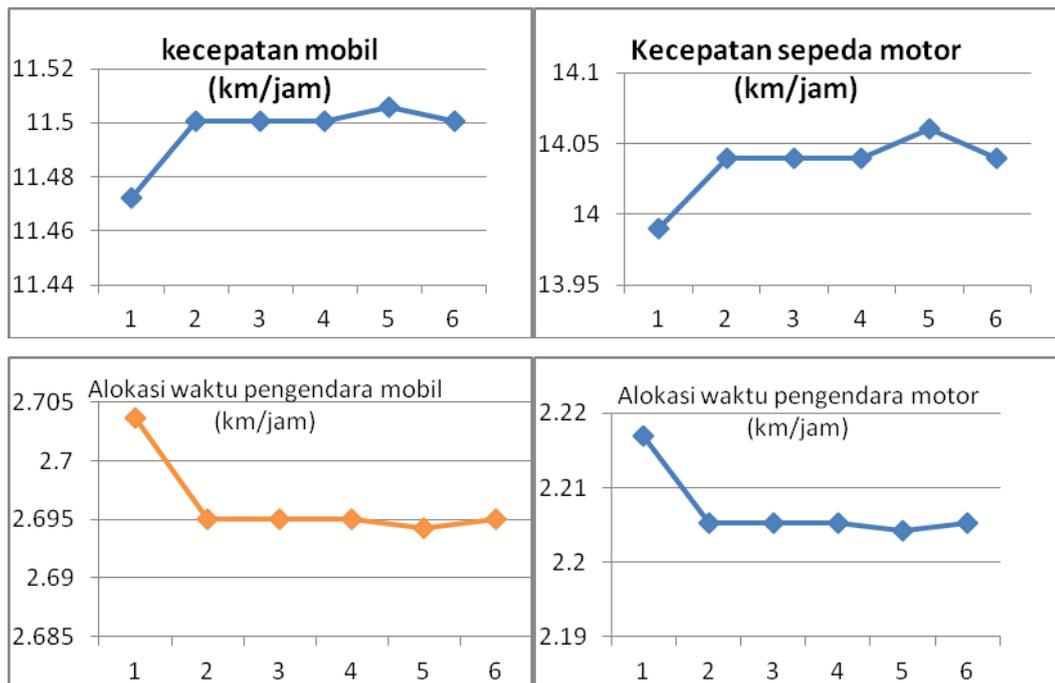
Aspek selanjutnya yang dijadikan indikator *sustainable transportation* adalah sektor ekonomi, dimana yang dijadikan variable respon adalah tingkat pendapatan asli daerah (PAD) dan jumlah total subsidi BBM untuk kota Surabaya. Skenario yang memberikan dampak signifikan terhadap variabel PAD yaitu:

1. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
2. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
3. Skenario 4 (Reaktifasi dan penambahan jalur KA)
4. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)
5. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)

Sedangkan untuk variabel subsidi BBM skenario yang memberikan dampak signifikan diantaranya yaitu:

1. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)
2. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
3. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
4. Skenario 4 (Reaktifasi dan penambahan jalur KA)
5. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)

Pada kedua variabel respon yaitu jumlah pendapatan asli daerah (PAD) dan besaran subsidi BBM untuk kota Surabaya didapatkan bahwa skenario 5 yaitu penambahan jumlah keberangkatan KA memberikan dampak paling signifikan. Berdasarkan hasil simulasi terlihat adanya korelasi antara pengurangan jumlah subsidi BBM dengan peningkatan pendapatan asli daerah (PAD). Hal ini dikarenakan setiap liter BBM yang dikonsumsi dikenakan pajak oleh pemerintah, dengan demikian semakin mahal harga BBM akan berkontribusi terhadap peningkatan PAD.



Gambar 5.3 Hasil Skenario terhadap Aspek Sosial

Sektor ketiga yang menjadi indikator sustainable transportation adalah sektor sosial. Faktor yang menjadi parameter untuk sektor sosial dalam penelitian ini adalah kecepatan kendaraan bermotor baik sepeda motor maupun mobil. Penerapan masing-masing skenario yang memberikan dampak signifikan terhadap kecepatan mobil di jalan raya yaitu:

1. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)
2. Skenario 4 (Reaktifasi dan penambahan jalur KA)
3. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
4. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
5. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)

Sedangkan skenario yang memberikan dampak signifikan terhadap variabel kecepatan sepeda motor, yaitu:

1. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)
2. Skenario 4 (Reaktifasi dan penambahan jalur KA)
3. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
4. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
5. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)

Variabel lain yang menjadi pertimbangan terkait dengan aspek sosial adalah alokasi waktu warga kota Surabaya untuk kegiatan transportasi, baik pengendara motor maupun mobil. Pada variabel ini menggunakan kriteria smaller the better, dimana semakin kecil nilai yang dihasilkan berarti semakin bagus alternatif yang dikaji. Untuk variabel alokasi waktu untuk kegiatan transportasi bagi pengendara sepeda motor, faktor yang memberikan dampak signifikan adalah sebagai berikut:

1. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)
2. Skenario 4 (Reaktifasi dan penambahan jalur KA)
3. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
4. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
5. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)

Sedangkan untuk variabel alokasi waktu untuk kegiatan transportasi bagi pengendara mobil, faktor yang memberikan dampak signifikan adalah:

1. Skenario 5 (penambahan jumlah keberangkatan KA)
2. Skenario 4 (Reaktifasi dan penambahan jalur KA)
3. Skenario 2 (penambahan jumlah stasiun)
4. Skenario 3 (penambahan kapasitas parkir pada stasiun)
5. Skenario 6 (penambahan rangkaian KA)

Berdasarkan hasil dari simulasi yang dilakukan didapatkan bahwa reaktifasi dan penambahan jalur KA memberikan dampak yang signifikan terhadap variabel kecepatan mobil di jalan raya. Hasil yang berbeda didapatkan untuk variabel kecepatan sepeda motor, dimana yang menjadi skenario yang memberikan dampak signifikan adalah skenario penambahan jumlah keberangkatan KA. Hal ini terjadi dikarenakan komponen dalam indeks preferensi antara mobil dan sepeda motor yang tidak sama. Pada indeks preferensi mobil komponen yang dominan adalah aksesibilitas, hal berkorelasi dengan penambahan jalur KA yang akan mengakibatkan daya jangkauan KA semakin luas. Sedangkan untuk pengendara motor yang menjadi komponen utama adalah variabel biaya operasional, sehingga dengan adanya penambahan keberangkatan akan menambah kapasitas angkut KA yang bisa dimanfaatkan oleh pengguna sepeda motor. Seperti diketahui bahwa biaya dari penggunaan KA relatif lebih murah dibandingkan

dengan pengoperasian kendaraan pribadi, baik mobil maupun sepeda motor. hal ini akan semakin meningkatkan indeks preferensi dari moda transportasi kereta api.

5.6. Kombinasi Skenario

Berdasarkan simulasi masing-masing skenario yang sudah dilakukan kemudian dirumuskan kombinasi dari berbagai kondisi pada setiap skenario. Wei et al. (2012) menggunakan 3 kombinasi skenario, yaitu: 1) skenario pesimistik (skenario penurunan), 2) skenario moderat (skenario eksisting), 3) skenario optimistik (skenario peningkatan). Variasi kombinasi skenario untuk kebijakan revitalisasi kereta api dapat disusun lebih dari 3 kombinasi seperti yang dilakukan Wei et al, namun pada penelitian ini untuk mencari kombinasi optimal hanya disusun 2 jenis kombinasi yaitu kombinasi skenario moderat (skenario eksisting) dan kombinasi skenario optimistik (skenario peningkatan). Pada tabel 5.3 menyajikan keterkaitan antara parameter kebijakan dengan perkiraan kondisi yang akan terjadi di masa depan.

Tabel 5.3 Keterkaitan Antar Parameter dan Kondisi (*State*) Skenario Kebijakan

No.	Parameter	Kondisi di masa mendatang	
1	Jumlah stasiun di kota Surabaya	1 A 12 stasiun	1 B 18 stasiun
		Tetap seperti kondisi eksisting	Ditingkatkan untuk meningkatkan coverage are
2	Kapasitas parkir di Stasiun	2 A Tetap	2 B Diperbanyak
		Tetap seperti kondisi eksisting	Dinaikan untuk pelayanan konsumen
3	Jalur KA	3 A Tetap	3 B Ditambah
		Tetap seperti kondisi eksisting	Ditambah untuk dengan inetasi penambahan jalur
4	Jumlah Keberangkatan KA	5A tetap	5 B Ditambahkan
		Tetap seperti kondisi eksisting	Jalur KA untuk komuter di Surabaya ditambah
5	Jumlah rangkaian KA	6 A Tetap	6 B Ditambah
		Tetap seperti kondisi eksisting	Ditambahkan rangkaian KA yang melayani rute komuter di Surabaya

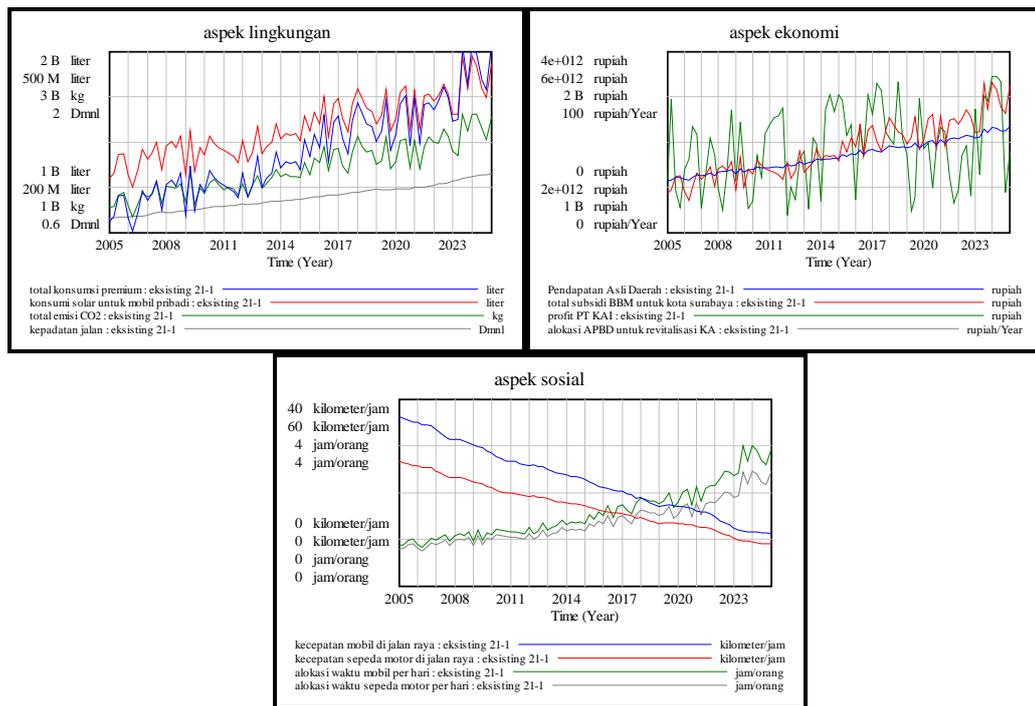
Berdasarkan tabel yang menyajikan berbagai kondisi, disusun kombinasi untuk 2 skenario yang disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Skenario dan Kebijakan antar Faktor dan Kondisi

No.	Skenario	Kombinisi Kondisi Parameter
1.	Moderat	1A, 2A, 3A, 4A, 5A
2.	Optimistik	1B, 2B, 3B, 4B, 5B

5.6.1. Skenario Moderat

Skenario moderat disusun berdasarkan kondisi parameter kunci sebagai berikut: 1) jumlah stasiun di kota Surabaya adalah sebanyak 12 stasiun, 2) kapasitas parkir total diseluruh stasiun adalah sebesar 225 mobil dan 1050 sepeda motor, 3) Jalur kereta api sebanyak 3 jalur, 4) jumlah keberangkatan sebanyak 18 keberangkatan, 5) tidak ada penambahan rangkaian kereta api. Hasil simulasi dari kombinasi skenario moderat disajikan pada Gambar 5.4.



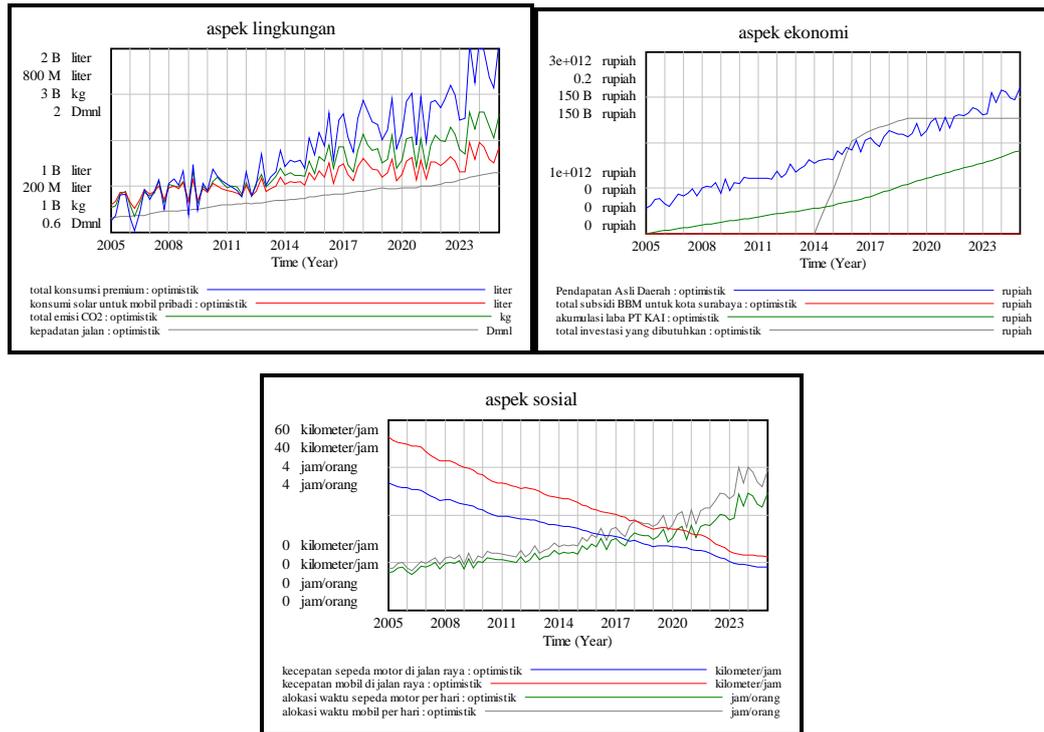
Gambar 5.4. Grafik Hasil Simulasi Kombinasi Skenario Moderat

Pada gambar 5.4 disajikan hasil simulasi dari kombinasi skenario moderat terhadap ketiga aspek sustainability yang menjadi parameter dalam penelitian ini. Ketigas aspek sustainability yang diukur yaitu aspek lingkungan, aspek ekonomi dan aspek sosial. Hasil simulasi moderat ini tidak berbeda dari hasil simulasi eksisting yang sudah dijelaskan pada BAB 4. Sehingga hasil dari simulasi kombinasi skenario moderat ini mencerminkan kondisi sistem transportasi di kota Surabaya pada saat ini.

5.6.2. Skenario Optimistik

Skenario optimistik disusun berdasarkan kondisi parameter kunci sebagai berikut: 1) jumlah stasiun di kota Surabaya adalah sebanyak 18 stasiun, 2)

kapasitas parkir total diseluruh stasiun adalah sebesar 850 mobil dan 2800 sepeda motor, 3) Jalur kereta api sebanyak 5 jalur, 4) jumlah keberangkatan hingga mencapai 56 keberangkatan sehingga utilitas dari jalur meningkat hingga mencapai utilitas maksimum, 5) terdapat penambahan jumlah rangkaian kereta sebanyak 5 rangkaian kereta api. Hasil simulasi dari kombinasi skenario optimistik disajikan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Hasil Simulasi Kombinasi Skenario Optimistik

Pada gambar 5.5 disajikan hasil simulasi yang menunjukkan kontribusi kombinasi skenario optimistik terhadap ketiga aspek *sustainability*. Skenario optimistik mengkombinasikan berbagai jenis perbaikan yang mungkin dilakukan dalam rangka revitalisasi kereta api di kota Surabaya. Pada skenario ini semua parameter skenario dinaikan untuk mengetahui dampak yang diindikasikan dari perubahan nilai pada variabel respon di ketiga aspek *sustainability*.

Terkait dengan aspek lingkungan, terlihat bahwa revitalisasi kereta api yang diindikasikan oleh tingginya jumlah penumpang kereta api dapat berakibat pada menurunnya tingkat kepadatan jalan raya relatif terhadap kepadatan jalan raya pada simulasi eksisting. Menurunnya tingkat kepadatan jalan raya akan berdampak pada menurunnya konsumsi BBM untuk kegiatan transportasi baik premium

maupun solar. Tingkat konsumsi BBM yang menurun akan berakibat pada semakin turunnya tingkat polusi udara dalam hal ini tingkat emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi. Pada aspek ekonomi kenaikan harga BBM akan berdampak pada tidak adanya subsidi BBM yang perlu dibelanjakan pemerintah untuk kegiatan transportasi dan peningkatan dari Pendapatan Asli Daerah kota Surabaya dikarenakan adanya peningkatan pada pajak penjualan BBM. Selain itu revitalisasi kereta api berdampak pada peningkatan peningkatan laba PT KAI secara signifikan dibandingkan dengan pada hasil simulasi kombinasi skenario moderat, namun disisi lain revitalisasi KA membutuhkan dana investasi yang relatif lebih besar dibandingkan akumulasi laba kereta api selama periode simulasi. Namun demikian dana revitalisasi yang ditimbulkan masih lebih kecil dibandingkan penghematan dari belanja subsidi BBM untuk kegiatan transportasi di kota Surabaya. Kemudian bila dilihat dari aspek sosial, hasil simulasi kombinasi skenario optimistik menunjukkan dampak yang relatif lebih baik dibandingkan hasil simulasi kombinasi skenario moderat khususnya pada variabel respon yang dipertimbangkan diantaranya kecepatan sepeda motor di jalan raya, kecepatan mobil di jalan raya, alokasi waktu pengendara sepeda motor untuk kegiatan transportasi perharinya dan alokasi waktu pengendara mobil untuk kegiatan transportasi perharinya. Pada intinya skenario optimistik menunjukkan parameter kinerja model memiliki keberkelanjutan (*sustainability*) yang lebih baik dengan mempertimbangkan aspek lingkungan, aspek ekonomi dan aspek sosial pada proses revitalisasi kereta api menuju *urban sustainable transportation system* di kota Surabaya. Skenario optimistik disusun berdasarkan kondisi parameter kunci sebagai berikut: 1) jumlah stasiun di kota Surabaya adalah sebanyak 18 stasiun, 2) kapasitas parkir total diseluruh stasiun adalah sebesar 850 mobil dan 2800 sepeda motor, 3) Jalur kereta api sebanyak 5 jalur, 4) jumlah keberangkatan sebanyak sehingga utilitas dari jalur meningkat hingga mencapai utilitas maksimum, 5) Terdapat penambahan jumlah rangkaian kereta api hingga dapat mendekati jumlah keberangkatan maksimum.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat ditarik sesuai tujuan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Model yang dikembangkan mampu menganalisa kondisi eksisting sistem transportasi kota Surabaya. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan bahwa variabel yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap parameter sustainabilitas yaitu jumlah stasiun KA di kota Surabaya, kapasitas parkir stasiun KA kota Surabaya, Jumlah jalur lintasan KA, jumlah keberangkatan KA dan jumlah rangkaian KA.
2. Berdasarkan hasil simulasi eksisting yang telah dijabarkan kemudian disusun skenario kebijakan revitalisasi kereta api dalam rangka mewujudkan *urban sustainable transportation system* di kota Surabaya. Skenario yang disusun diantaranya yaitu: 1) penambahan jumlah stasiun KA di kota Surabaya, 2) penambahan kapasitas parkir di stasiun KA kota Surabaya, 3) reaktifasi dan penambahan jalur KA, 4) penambahan jumlah keberangkatan KA, 5) penambahan rangkaian kereta api. Berdasarkan hasil simulasi skenario yang dikembangkan didapatkan bahwa skenario 4 (penambahan keberangkatan KA) memberikan dampak yang signifikan pada aspek lingkungan dan aspek sosial. Sedangkan skenario 2 (penambahan kapasitas parkir KA) memberikan dampak paling signifikan pada aspek ekonomi. Kemudian untuk ketiga skenario yang lainnya kurang memberikan dampak signifikan terhadap indikator sustainabilitas.
3. Pada hasil simulasi kombinasi skenario yang dikembangkan menunjukkan bahwa kombinasi skenario optimistik memiliki parameter kinerja model dengan tingkat keberkelanjutan (*sustainability*) yang lebih baik dibandingkan kombinasi skenario moderat pada proses revitalisasi kereta api menuju *urban sustainable transportation system* di kota Surabaya. Skenario optimistik menjadi rekomendasi dari pada kombinasi skenario maupun skenario yang berdiri sendiri dikarenakan kombinasi skenario

optimistik memiliki konerja model yang lebih baik dilihat dari sudut pandang aspek lingkungan, ekonomi dan sosial.

6.2. Saran

Dalam usaha meningkatkan tingkat sustainabilitas dari sistem transportasi di kota Surabaya dengan melakukan revitalisasi kereta api, maka saran yang dapat diberikan adalah :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dalam rangka mewujudkan *urban sustainable transportation system* di kota Surabaya selain berbasis revitalisasi kereta api.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pola integrasi KA dengan moda transportasi lain secara detail, sehingga bisa meningkatkan indeks preferensi moda transportasi masal di kota Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran Submodul Kebutuhan Mobilitas

"proporsi penduduk usia 15-19"=n0.101902
Units: Dmnl

"proporsi penduduk usia 20-29"= 0.249102
Units: Dmnl

"proporsi penduduk usia 30-39"=0.179128
Units: Dmnl

"perjalanan usia 30-39"=5
Units: perjalanan/orang

"proporsi penduduk usia 40-54"=0.1558
Units: Dmnl

"perjalanan per hari usia 0-9"=0
Units: perjalanan/orang

"perjalanan usia 10-14"=2
Units: perjalanan/orang

"porpori penduduk usia 55-64"=0.0528299
Units: Dmnl

"proporsi penduduk usia 65-75"= 0.0355583
Units: Dmnl

"perjalanan usia 15-19"= 4
Units: perjalanan/orang

fraksi kelahiran= RANDOM NORMAL(0.01, 0.061 , 0.039 , 0.28 , 0)
Units: Dmnl

fraksi kelahiran= RANDOM NORMAL(0.01, 0.061 , 0.039 , 0.28 , 0)
Units: Dmnl

prosentase perjalanan yang dilakukan dengan kereta api= akumulasi indeks preferensi kereta api/indeks gabungan
Units: Dmnl

konversi orang= 1
Units: orang/perjalanan

jumlah demand penumpang kereta api= (kebutuhan mobilitas penduduk*prosentase perjalanan yang dilakukan dengan kereta api)*konversi orang
Units: orang

penumpang KA yang tidak terlayani= IF THEN ELSE(jumlah demand penumpang kereta api>kapasitas kereta api, jumlah demand penumpang kereta api-kapasitas kereta api, 0)
Units: orang

```

*****
jumlah perjalanan dengan sepeda motor= (kebutuhan mobilitas penduduk*prosentase perjalanan
yang dilakukan dengan sepeda motor)+((akumulasi indeks preferensi sepeda motor/indek
gabungan kendaraan pribadi)*penumpang KA yang tidak terlayani*multiplier perjalanan)
Units: perjalanan
*****
prosentase perjalanan yang dilakukan dengan sepeda motor= akumulasi indeks preferensi sepeda
motor/indeks gabungan
Units: Dmnl
*****
indeks gabungan= akumulasi indeks preferansi mobil+akumulasi indeks preferensi kereta
api+akumulasi indeks preferensi sepeda motor
Units: Dmnl
*****
indek gabungan kendaraan pribadi= akumulasi indeks preferansi mobil+akumulasi indeks
preferensi sepeda motor
Units: Dmnl
*****
akumulasi indeks preferansi mobil= INTEG (indeks preferensi mobil,0.2)
Units: Dmnl
*****
akumulasi indeks preferensi sepeda motor= INTEG (indeks preferansi sepeda motor,0.27)
Units: Dmnl
*****
total jarak perjalanan menggunakan sepeda motor= jumlah perjalanan dengan sepeda motor*"rata-
rata jarak per perjalanan"
Units: kilometer
*****
"rata-rata jarak per perjalanan"=RANDOM NORMAL(8, 10 , 9, 1, 0 )
Units: kilometer/perjalanan
*****
prosentase perjalanan yang dilakukan dengan mobil=akumulasi indeks preferansi mobil/indeks
gabungan
Units: Dmnl
*****
multiplier perjalanan=1
Units: perjalanan/orang
*****
jumlah perjalanan dengan mobil=(kebutuhan mobilitas penduduk*prosentase perjalanan yang
dilakukan dengan mobil)+((akumulasi indeks preferansi mobil/indek gabungan kendaraan
pribadi)*penumpang KA yang tidak terlayani*multiplier perjalanan)
Units: perjalanan
*****
total jarak perjalanan menggunakan mobil=jumlah perjalanan dengan mobil*"rata-rata jarak per
perjalanan"
Units: kilometer
*****
kebutuhan mobilitas penduduk= INTEG (((angka pertumbuhan penduduk*"proporsi penduduk
usia 0-9")*"perjalanan per hari usia 0-9"+(angka pertumbuhan penduduk*"proporsi penduduk usia
10-14")*"perjalanan usia 10-14"+(angka pertumbuhan penduduk*"proporsi penduduk usia 15-
19")*"perjalanan usia 15-19")+((angka pertumbuhan penduduk*"proporsi penduduk usia 20-
29")*"perjalanan usia 20-29")+((angka pertumbuhan penduduk*"proporsi penduduk usia 30-
39")*"perjalanan usia 30-39")+((angka pertumbuhan penduduk*"proporsi penduduk usia 40-
54")*"perjalanan usia 40-54")+((angka pertumbuhan penduduk*"porporansi penduduk usia 55-
64")*"perjalanan usia 55-64")+((angka pertumbuhan penduduk*"proporsi penduduk usia 65-
75")*"perjalanan usia 65-75"))/multiplier waktu, (2.74049e+006*"proporsi penduduk usia 0-
9")*"perjalanan per hari usia 0-9"*multiplier orang+(2.74049e+006*"proporsi penduduk usia 10-

```

14")*"perjalanan usia 10-14"*multiplier orang+(2.74049e+006*"proporsi penduduk usia 15-19")*(("perjalanan usia 15-19"*multiplier orang)+(2.74049e+006*"proporsi penduduk usia 20-29")*(("perjalanan usia 20-29"*multiplier orang)+(2.74049e+006*"proporsi penduduk usia 30-39")*(("perjalanan usia 30-39"*multiplier orang)+(2.74049e+006*"proporsi penduduk usia 40-54")*(("perjalanan usia 40-54"*multiplier orang)+(2.74049e+006*"proporsi penduduk usia 55-64")*(("perjalanan usia 55-64"*multiplier orang)+(2.74049e+006*"proporsi penduduk usia 65-75")*(("perjalanan usia 65-75"*multiplier orang))

Units: perjalanan

angka pertumbuhan penduduk=(laju penambahan penduduk-laju pengurangan penduduk)*multiplier waktu

Units: orang

"rata-rata perjalanan per orang"=kebutuhan mobilitas penduduk/populasi

Units: perjalanan/orang

"rata-rata jarak tempuh per orang per hari"="rata-rata jarak per perjalanan"*"rata-rata perjalanan per orang"

Units: kilometer/orang

laju pengurangan penduduk=fraksi kematian*populasi/multiplier waktu

Units: orang/Year

fraksi kematian=RANDOM NORMAL(0.005, 0.025, 0.015, 0.36 , 0)

Units: Dmnl

multiplier waktu=1

Units: Year

fraksi kelahiran=RANDOM NORMAL(0.01, 0.061 , 0.039 , 0.28 , 0)

Units: Dmnl

populasi= INTEG ((laju penambahan penduduk-laju pengurangan penduduk),2.6681e+006)

Units: orang

laju penambahan penduduk=fraksi kelahiran*populasi/multiplier waktu

Units: orang/Year

"perjalanan usia 65-75"=1

Units: perjalanan/orang

"proporsi penduduk usia 65-75"=0.0355583

Units: Dmnl

"perjalanan usia 55-64"=1

Units: perjalanan/orang

"proporsi penduduk usia 55-64"=0.0528299

Units: Dmnl

Lampiran Submodul Kendaraan Pribadi

"rata-rata jarak tempuh per orang per hari"="rata-rata jarak per perjalanan"*"rata-rata perjalanan per orang"

Units: kilometer/orang

alokasi waktu sepeda motor per hari="rata-rata jarak tempuh per orang per hari"/kecepatan sepeda motor di jalan raya

Units: jam/orang

kecepatan sepeda motor di jalan raya=lookup kecepatan sepeda motor*unit konversi satuan kecepatan

Units: kilometer/jam

kepadatan jalan=multiplier smp*(((jumlah perjalanan dengan sepeda motor*satuan konversi luasan sepeda motor)+(jumlah perjalanan dengan mobil*satuan konversi luasan mobil))*(1/14)*multiplier kepadatan)/(kapasitas jalan*0.1))

Units: Dmnl

lookup konsumsi BBM sepeda motor= WITH LOOKUP (kepadatan jalan,([(0,0)-(2,80),(0,63.8),(2,0)]

),(0,47),(0,2,47),(0,4,47),(0,6,44),(0,8,41),(1,38),(1,2,35),(1,4,32),(1,6,28),(1,8,27))

Units: Dmnl

unit konversi satuan konsumsi BBM=1

Units: kilometer/liter

laju penambahan panjang jalan=0

Units: kilometer/Year

unit konversi satuan konsumsi BBM=1

Units: kilometer/liter

"rata-rata besaran pajak kendaraan sepeda motor"=300000

Units: rupiah/unit

konsumsi BBm sepeda motor=lookup konsumsi BBM sepeda motor*unit konversi satuan konsumsi BBM

Units: kilometer/liter

jarak perpindahan sepeda motor per tahun=15800

Units: kilometer/unit

harga premium dalam negeri=6500

Units: rupiah/liter

multiplier unit=1

Units: 1/unit

biaya operasional sepeda motor=((jarak perpindahan sepeda motor per tahun/konsumsi BBm sepeda motor)*harga premium dalam negeri+"rata-rata besaran pajak kendaraan sepeda motor"+maintenance cost sepeda motor per tahun)/multiplier unit

Units: rupiah

maintenance cost sepeda motor per tahun=RANDOM NORMAL(404500, 590000, 487500, 1, 0)

Units: rupiah/unit

 indeks biaya operasional sepeda motor= $1 - (\text{biaya operasinal sepeda motor} / (\text{biaya operasinal sepeda motor} + \text{biaya operasional mobil} + \text{biaya penumpang KA per tahun}))$
 Units: Dmnl

 biaya penumpang KA per tahun= $(\text{harga tiket kereta api} + (2 * \text{biaya angkutan lain})) * \text{multiplier tahun} * \text{perjalanan per hari}$
 Units: rupiah

 biaya operasional mobil= $(\text{jarak perpindahan mobil per tahun} / \text{konsumsi BBM Mobil per kilometer}) * \text{harga premium dalam negeri} + \text{"rata-rata besaran pajak kendaraan mobil"} + \text{maintenance cost mobil per tahun} / \text{multiplier unit}$
 Units: rupiah

 indeks kecepatan sepeda motor= $\text{kecepatan sepeda motor di jalan raya} / \text{kecepatan sepeda motor yang diinginkan}$
 Units: Dmnl

 kecepatan sepeda motor yang diinginkan=63.8
 Units: kilometer/jam

 kapasitas jalan kolektor sekunder=2443
 Units: smp/jam

 proporsi jalan kolektor primer=0.0778261
 Units: Dmnl

 kapasitas jalan kolektor primer=4640
 Units: smp/jam

 proporsi jalan arteri primer=0.0396424
 Units: Dmnl

 kapasitas jalan arteri primer=8382
 Units: smp/jam

 kapasitas jalan arteri sekunder=6598
 Units: smp/jam

 proporsi jalan arteri sekunder=0.0377956
 Units: Dmnl

 kapasitas jalan lokal=2000
 Units: smp/jam

 proporsi jalan lokal=0.689933
 Units: Dmnl

 proporsi jalan khusus=0.0291215
 Units: Dmnl

 multiplier panjang jalan=1
 Units: 1/kilometer

 kapasitas jalan khusus=2443
 Units: smp/jam

```

*****
kapasitas jalan=((akumulasi panjang jalan*proporsi jalan arteri primer)*kapasitas jalan arteri
primer
+(akumulasi panjang jalan*proporsi jalan arteri sekunder)*kapasitas jalan arteri
sekunder+(akumulasi panjang jalan*proporsi jalan khusus)*kapasitas jalan khusus+(akumulasi
panjang jalan*proporsi jalan kolektor primer)*kapasitas jalan kolektor primer+(akumulasi panjang
jalan
*proporsi jalan kolektor sekunder)*kapasitas jalan kolektor sekunder+(akumulasi panjang
jalan*proporsi jalan lokal)*kapasitas jalan lokal)*multiplier panjang jalan
Units: smp/jam
*****
lookup kecepatan sepeda motor= WITH LOOKUP (kepadatan jalan,((0,0)-(2,80),(0,63.8),(2,0))
,(0,63.8),(0,2,61),(0,4,58),(0,6,51.6),(0,8,30),(1,15),(1,2,9),(1,4,7),(1,6,5),(1,8,2.5) ))
Units: Dmnl
*****
kecepatan sepeda motor di jalan raya=lookup kecepatan sepeda motor*unit konversi satuan
kecepatan
Units: kilometer/jam
*****
indeks kecepatan sepeda motor=kecepatan sepeda motor di jalan raya/kecepatan sepeda motor
yang diinginkan
Units: Dmnl
*****
indeks preferansi sepeda motor=(0.4*indeks biaya operasional sepeda motor+0.05*indeks
kecelakaan sepeda motor+0.4*indeks kecepatan sepeda motor+0.15*indeks accesibility sepeda
motor)/multiplier waktu
Units: Dmnl/Year
*****
indeks accesibility sepeda motor=0.9
Units: Dmnl
*****
indeks kecelakaan sepeda motor=1-(jumlah kecelakaan lalu lintas sepeda motor/jumlah kecelakaan
total)
Units: Dmnl
*****
jumlah kecelakaan lalu lintas sepeda motor=302
Units: Dmnl
*****
jumlah kecelakaan total=jumlah kecelakaan lalu lintas mobil+jumlah kecelakaan lalu lintas sepeda
motor+jumlah kecelakaan kereta api
Units: Dmnl
*****
jumlah kecelakaan kereta api=0
Units: Dmnl
*****
indeks kecelakaan mobil=1-(jumlah kecelakaan lalu lintas mobil/jumlah kecelakaan total)
Units: Dmnl
*****
jumlah kecelakaan lalu lintas mobil=190
Units: Dmnl
*****
indeks preferansi mobil=(0.25*indeks biaya operasional mobil+0.1*indeks kecelakaan
mobil+0.45*indeks kecepatan mobil+0.25*indeks accesibility mobil)/multiplier waktu
Units: Dmnl/Year
*****
akumulasi indeks preferansi mobil= INTEG (indeks preferansi mobil,0.2)
Units: Dmnl

```

```

*****
akumulasi indeks preferensi sepeda motor= INTEG (indeks preferansi sepeda motor,0.27)
Units: Dmnl
*****
unit konversi satuan kecepatan=1
Units: kilometer/jam
*****
look up kecepatan mobil= WITH LOOKUP (kepadatan jalan,([(0,0)-(2,80),(0,63.8),(2,0)],(0,61.3),
(0.2,58),(0.4,54),(0.6,47),(0.8,27),(1,12),(1.2,9),(1.4,6),(1.6,2.5),(1.8,1),(2,0) ))
Units: Dmnl
*****
satuan konversi luasan sepeda motor=0.25
Units: smp/perjalanan
*****
satuan konversi luasan mobil=1
Units: smp/perjalanan
*****
multiplier kepadatan=1
Units: 1/jam
*****
multiplier smp=1
Units: Dmnl
*****
kepadatan jalan=multiplier smp*(((jumlah perjalanan dengan sepeda motor*satuan konversi
luasan sepeda motor)+(jumlah perjalanan dengan mobil*satuan konversi luasan
mobil))*(1/14)*multiplier kepadatan)/(kapasitas jalan
*0.1))
Units: Dmnl
*****
look up konsumsi BBM mobil= WITH LOOKUP (kepadatan jalan,([(0,0)
(2,80),(0,63.8),(2,0)],(0,15.41),
(0.2,15.31),(0.4,15.21),(0.6,15.11),(0.8,14),(1,13),(1.2,12),(1.4,11),(1.6,10),(1.8,9.28) ))
Units: Dmnl
*****
kecepatan mobil yang diinginkan=60
Units: kilometer/jam
*****
indeks kecepatan mobil=kecepatan mobil di jalan raya/kecepatan mobil yang diinginkan
Units: Dmnl
*****
indeks biaya operasional mobil=1-(biaya operasional mobil/(biaya operasional mobil+biaya
operasional sepeda motor+biaya penumpang KA per tahun))
Units: Dmnl
*****
biaya operasinal sepeda motor=((jarak perpindahan sepeda motor per tahun/konsumsi BBm sepeda
motor)*harga premium dalam negeri+"rata-rata besaran pajak kendaraan sepeda
motor"+maintenance cost sepeda motor per tahun)/multiplier unit
Units: rupiah
*****
jumlah kecelakaan lalu lintas mobil=190
Units: Dmnl
*****
jumlah kecelakaan kereta api=0
Units: Dmnl
*****
biaya operasional mobil=((jarak perpindahan mobil per tahun/konsumsi BBM Mobil

```

perkilometer)*harga premium dalam negeri+"rata-rata besaran pajak kendaraan mobil"+maintenance cost mobil pertahun)/multiplier unit

Units: rupiah

konsumsi BBM Mobil per kilometer=lookup konsumsi BBM mobil*unit konversi satuan konsumsi BBM

Units: kilometer/liter

unit konversi satuan konsumsi BBM=1

Units: kilometer/liter

maintenance cost mobil pertahun=7.2e+006

Units: rupiah/unit

harga premium dalam negeri=6500

Units: rupiah/liter

"rata-rata jarak tempuh per orang per hari"="rata-rata jarak per perjalanan"*"rata-rata perjalanan per orang"

Units: kilometer/orang

satuan konversi luasan mobil=1

Units: smp/perjalanan

Lampiran Submodul Emisi

emisi CO2 dari mobil berbahan bakar premium=365*(konsumsi premium untuk mobil*energy content per liter premium)*faktor emisi untuk bahan bakar premium

Units: kg

proporsi mobil pribadi premium=0.622

Units: Dmnl

total jarak tempuh mobil pribadi pengguna premium=total jarak perjalanan menggunakan mobil*proporsi mobil pribadi premium

Units: kilometer

total jarak tempuh mobil pribadi pengguna solar=total jarak perjalanan menggunakan mobil*proporsi mobil pribadi solar

Units: kilometer

proporsi mobil pribadi solar=0.352

Units: Dmnl

unit konversi satuan konsumsi BBM=1

Units: kilometer/liter

konsumsi premium untuk mobil=(total jarak tempuh mobil pribadi pengguna premium/konsumsi premium per mobil)*365

Units: liter

energy content per liter solar=38.68

Units: MJ/liter

```

*****
total jarak tempuh mobil pribadi pengguna pertamax=total jarak perjalanan menggunakan
mobil*proporsi mobil pribadi pertamax
Units: kilometer
*****
total jarak tempuh mobil pribadi pengguna pertamax=total jarak perjalanan menggunakan
mobil*proporsi mobil pribadi pertamax
Units: kilometer
*****
proporsi mobil pribadi pertamina dex=0.002
Units: Dmnl
*****
jarak perpindahan mobil per tahun=15800
Units: kilometer/unit
*****
emisi CO2 dari mobil berbahan bakar solar=365*(konsumsi solar untuk mobil pribadi*energy
content per liter solar)*faktor emisi untuk bahan bakar solar
Units: kg
*****
konsumsi pertamina dex untuk mobil=(total jarak tempuh mobil pribadi pengguna pertamina
dex/konsumsi pertamina dex per mobil)*365
Units: liter
*****
konsumsi solar per mobil=lookup konsumsi solar*unit konversi satuan konsumsi BBM
Units: kilometer/liter
*****
energy content per liter premium=34.66
Units: MJ/liter
*****
faktor emisi untuk bahan bakar premium=(RANDOM UNIFORM(67500, 73000 , 69300))/1e+009
Units: kg/MJ
lookup konsumsi premium= WITH LOOKUP (kepadatan jalan,((-1,0)-(3,40)],(0,15),(0.2,14.7)
,(0.4,14.3),(0.6,13.5),(0.8,12),(1,10.5),(1.2,8.9),(1.4,8.6),(1.6,8.5),(1.8,8.3),(2,8.1) )
Units: Dmnl
*****
konsumsi premium per mobil=lookup konsumsi premium*unit konversi satuan konsumsi BBM
Units: kilometer/liter
*****
emisi CO2 dari mobil berbahan bakar pertamina dex=365*(konsumsi pertamina dex untuk
mobil*energy content per liter solar)*faktor emisi pertamina dex
Units: kg
*****
total emisi CO2=(emisi CO2 dari KA+emisi CO2 dari mobil berbahan bakar pertamax+emisi CO2
dari mobil berbahan bakar pertamina dex+emisi CO2 dari mobil berbahan bakar premium+emisi
CO2 dari mobil berbahan bakar solar+emisi CO2 dari sepeda motor berbahan bakar
pertamax+emisi CO2 dari sepeda motor berbahan bakar premium)
Units: kg
*****
emisi CO2 dari KA=365*(konsumsi solar KA*energy content per liter solar)*faktor emisi untuk
bahan bakar solar
Units: kg
*****
konsumsi solar KA=jumlah keberangkatan*(jarak per keberangkatan/konsumsi solar per KA)
Units: liter
*****
emisi CO2 dari sepeda motor berbahan bakar pertamax=365*(konsumsi pertamax untuk sepeda
motor*energy content per liter premium)*faktor emisi pertamax

```

Units: kg

 emisi CO2 dari sepeda motor berbahan bakar premium=365*(konsumsi premium untuk sepeda motor*energy content per liter premium)*faktor emisi untuk bahan bakar premium
 Units: kg

 lookup konsumsi premium sepeda motor= WITH LOOKUP (kepadatan jalan,([(0,0)-(2,60)],(0,50),(0.2,48.3),(0.4,43.6),(0.6,41.3),(0.8,39.4),(1,37.8),(1.2,32.3),(1.4,28.5),(1.6,24.1),(1.8,21.4),(2,19.7)))
 Units: Dmnl

 konsumsi premium untuk sepeda motor=(total jarak tempuh sepeda motor pengguna premium/konsumsi premium per sepeda motor)*365
 Units: liter

 total jarak tempuh sepeda motor pengguna premium=total jarak perjalanan menggunakan sepeda motor*proporsi sepeda motor premium
 Units: kilometer

 konsumsi premium per sepeda motor=lookup konsumsi premium sepeda motor*unit konversi satuan konsumsi BBM
 Units: kilometer/liter

 konsumsi pertamax untuk sepeda motor=(total jarak tempuh sepeda motor pengguna pertamax/konsumsi pertamax per sepeda motor)*365
 Units: liter

 jarak per keberangkatan=RANDOM NORMAL(37, 55, 45, 0, 0)
 Units: kilometer/keberangkatan

 konsumsi solar per KA=0.33
 Units: kilometer/liter

 faktor emisi pertamina dex=RANDOM UNIFORM(72600, 74800, 69300)/1e+009
 Units: kg/MJ

 total jarak tempuh sepeda motor pengguna premium=total jarak perjalanan menggunakan sepeda motor*proporsi sepeda motor premium
 Units: kilometer

 proporsi sepeda motor premium=0.99
 Units: Dmnl

 proporsi sepeda motor pertamax=0.01
 Units: Dmnl

 total jarak tempuh sepeda motor pengguna pertamax=total jarak perjalanan menggunakan sepeda motor*proporsi sepeda motor pertamax
 Units: kilometer

 konsumsi pertamax per sepeda motor=RANDOM NORMAL(27, 76.5, 47, 0.36 , 1)
 Units: kilometer/liter

 konsumsi pertamax untuk sepeda motor(total jarak tempuh sepeda motor pengguna pertamax/konsumsi pertamax per sepeda motor)*365
 Units: liter

emisi CO2 dari KA= $365 * (\text{konsumsi solar KA} * \text{energy content per liter solar}) * \text{faktor emisi untuk bahan bakar solar}$
Units: kg

emisi CO2 dari sepeda motor berbahan bakar pertamax= $365 * (\text{konsumsi pertamax untuk sepeda motor} * \text{energy content per liter premium}) * \text{faktor emisi pertamax}$
Units: kg

total jarak tempuh sepeda motor pengguna pertamax=total jarak perjalanan menggunakan sepeda motor*proporsi sepeda motor pertamax
Units: kilometer

konsumsi pertamax per sepeda motor=RANDOM NORMAL(27, 76.5, 47, 0.36 , 1)
Units: kilometer/liter

konsumsi pertamax untuk sepeda motor=(total jarak tempuh sepeda motor pengguna pertamax/konsumsi pertamax per sepeda motor)*365
Units: liter

emisi CO2 dari KA= $365 * (\text{konsumsi solar KA} * \text{energy content per liter solar}) * \text{faktor emisi untuk bahan bakar solar}$
Units: kg

emisi CO2 dari sepeda motor berbahan bakar pertamax= $365 * (\text{konsumsi pertamax untuk sepeda motor} * \text{energy content per liter premium}) * \text{faktor emisi pertamax}$
Units: kg

gap harga premium=harga keekonomian premium-harga premium dalam negeri
Units: rupiah/liter

susidi BBM premium untuk kota surabaya=gap harga premium*(total konsumsi premium)
Units: rupiah

harga keekonomian premium=8400
Units: rupiah/liter

susidi BBM premium untuk kota surabaya=gap harga premium*(total konsumsi premium)
Units: rupiah

total konsumsi premium=konsumsi premium untuk mobil+konsumsi premium untuk sepeda motor
Units: liter

gap harga solar=harga keekonomian solar-harga solar dalam negeri
Units: rupiah/liter

harga keekonomian solar=8400
Units: rupiah/liter

subsidi BBM solar untuk kota surabaya=gap harga solar*konsumsi solar untuk mobil pribadi
Units: rupiah

harga solar dalam negeri=5500
Units: rupiah/liter

penerimaan dari pajak bahan bakar=(harga premium dalam negeri*besaran pajak bahan bakar)*total konsumsi premium+(harga solar dalam negeri*besaran pajak bahan bakar)*konsumsi

solar untuk mobil pribadi+(harga pertamax*besaran pajak bahan bakar)*total konsumsi pertamax+(besaran pajak bahan bakar*harga pertamina dex)*konsumsi pertamina dex untuk mobil
Units: rupiah

total konsumsi premium=konsumsi premium untuk mobil+konsumsi premium untuk sepeda motor
Units: liter

total konsumsi premium=konsumsi premium untuk mobil+konsumsi premium untuk sepeda motor
Units: liter

laju penambahan sepeda motor=INTEGER(RANDOM UNIFORM(11.253,13.425, 0)*(SQRT(PDRBper capita/multiplier satuan uang)*multiplier kendaraan*multiplier satuan uang))
Units: unit/Year

jumlah sepeda motor= INTEG (laju penambahan sepeda motor,883838)
Units: unit

rata-rata besaran pajak kendaraan sepeda motor "=300000
Units: rupiah/unit

rata-rata besaran pajak kendaraan sepeda motor "=300000
Units: rupiah/unit

jumlah mobil= INTEG (laju penambahan mobil,218367)
Units: unit

laju penambahan mobil=INTEGER(RANDOM UNIFORM(1.6, 2.1, 0)*(SQRT(PDRB per capita/multiplier satuan uang)*multiplier kendaraan*multiplier satuan uang))
Units: unit/Year

"rata-rata besaran pajak kendaraan mobil "=2e+006
Units: rupiah/unit

penerimaan dari pajak kendaraan pribadi=jumlah mobil*"rata-rata besaran pajak kendaraan mobil"+jumlah sepeda motor*"rata-rata besaran pajak kendaraan sepeda motor"
Units: rupiah

Pendapatan Asli Daerah=penerimaan dari pajak bahan bakar+penerimaan dari pajak kendaraan pribadi+penerimaan dari retribusi parkir
Units: rupiah

retribusi parkir untuk mobil=1000
Units: rupiah/unit

penerimaan dari retribusi parkir=jumlah mobil*retribusi parkir untuk mobil+jumlah sepeda motor*retribusi parkir untuk sepeda motor
Units: rupiah

retribusi parkir untuk sepeda motor=300
Units: rupiah/unit

total subsidi BBM untuk kota surabaya=subsidi BBM solar untuk kota surabaya+susidi BBM premium untuk kota surabaya
Units: rupiah

total konsumsi pertamax=konsumsi pertamax untuk mobil+konsumsi pertamax untuk sepeda motor
Units: liter

Lampiran Aspek Ekonomi

laju perubahan PDRB=PDRB*fraksi kenaikan PDRB/multiplier waktu
Units: rupiah/Year

PDRB= INTEG (laju perubahan PDRB,5.9878e+013)
Units: rupiah

PDRB per capita=(PDRB/populasi)*multiplier orang
Units: rupiah

porsi PDRB untuk pembangunan jalan=0.01*PDRB
Units: rupiah

porsi PDRB untuk kereta api=0.05*PDRB
Units: rupiah

fraksi kenaikan PDRB=RANDOM NORMAL(0.0381 , 0.0807, 0.0587, 0.013, 0)
Units: Dmnl

gap harga premium=harga keekonomian premium-harga premium dalam negeri
Units: rupiah/liter

harga keekonomian premium=8400
Units: rupiah/liter

susidi BBM premium untuk kota surabaya=gap harga premium*(total konsumsi premium)
Units: rupiah

gap harga solar=harga keekonomian solar-harga solar dalam negeri
Units: rupiah/liter

harga keekonomian solar=8400
Units:rupiah/liter

harga solar dalam negeri=5500
Units: rupiah/liter

total konsumsi pertamax=konsumsi pertamax untuk mobil+konsumsi pertamax untuk sepeda motor
Units: liter

harga pertamax=9400
Units: rupiah/liter

total konsumsi premium=konsumsi premium untuk mobil+konsumsi premium untuk sepeda motor
Units: liter

besaran pajak bahan bakar=0.05
Units: Dmnl

penerimaan dari pajak bahan bakar=(harga premium dalam negeri*besaran pajak bahan bakar)*total konsumsi premium+(harga solar dalam negeri*besaran pajak bahan bakar)*konsumsi

solar untuk mobil pribadi+(harga pertamax*besaran pajak bahan bakar)*total konsumsi pertamax+(besaran pajak bahan bakar*harga pertamina dex)*konsumsi pertamina dex untuk mobil
Units: rupiah

laju penambahan sepeda motor=INTEGER(RANDOM UNIFORM(11.253,13.425, 0)*(SQRT(PDRB per capita/multiplier satuan uang)*multiplier kendaraan*multiplier satuan uang))
Units: unit/Year

jumlah sepeda motor= INTEG (laju penambahan sepeda motor,883838)
Units: unit

laju penambahan mobil=INTEGER(RANDOM UNIFORM(1.6, 2.1, 0)*(SQRT(PDRB percapita/multiplier satuan uang)*multiplier kendaraan*multiplier satuan uang))
Units: unit/Year

jumlah mobil= INTEG (laju penambahan mobil,218367)
Units: unit

rata-rata besaran pajak kendaraan sepeda motor "=300000
Units: rupiah/unit

penerimaan dari pajak kendaraan pribadi=jumlah mobil*"rata-rata besaran pajak kendaraan mobil"+jumlah sepeda motor*"rata-rata besaran pajak kendaraan sepeda motor"
Units: rupiah

rata-rata besaran pajak kendaraan mobil "=2e+006
Units: rupiah/unit

total subsidi BBM untuk kota surabaya=subsidi BBM solar untuk kota surabaya+susidi BBM premium untuk kota surabaya
Units: rupiah

penerimaan dari pajak bahan bakar=(harga premium dalam negeri*besaran pajak bahan bakar)*total konsumsi premium+(harga solar dalam negeri*besaran pajak bahan bakar)*konsumsi solar untuk mobil pribadi+(harga pertamax*besaran pajak bahan bakar)*total konsumsi pertamax+(besaran pajak bahan bakar*harga pertamina dex)*konsumsi pertamina dex untuk mobil
Units: rupiah

Pendapatan Asli Daerah=penerimaan dari pajak bahan bakar+penerimaan dari pajak kendaraan pribadi+penerimaan dari retribusi parkir
Units: rupiah

retribusi parkir untuk mobil=1000
Units: rupiah/unit

penerimaan dari retribusi parkir=jumlah mobil*retribusi parkir untuk mobil+jumlah sepeda motor*retribusi parkir untuk sepeda motor
Units: rupiah

retribusi parkir untuk sepeda motor=300
Units: rupiah/unit

harga pertamina dex=10400
Units: rupiah/liter

total konsumsi pertamax=konsumsi pertamax untuk mobil+konsumsi pertamax untuk sepeda motor

Units: liter

Lampiran Sub Model Kereta Api

rencana penambahan jalur= 0
Units: jalur

delay penambahan jalur= PULSE(2014 , 1)
Units: Dmnl/Year

penambahan jalur= delay penambahan jalur*rencana penambahan jalur
Units: jalur/Year

jumlah jalur= INTEG ((penambahan jalur-pengurangan insfrastruktur), 3)
Units: jalur

pengurangan insfrastruktur= 0
Units: jalur/Year

keberangkatan yang bisa dilakukan pada tiap jalur KA= 16
Units: keberangkatan/jalur

rencana penambahan rangkaian KA= 5
Units: Dmnl

keberangkatan yang bisa dilakukan 1 train set= 8
Units: keberangkatan/unit

delay penambahan armada kereta api= PULSE(2014, rencana penambahan rangkaian KA)
Units: Dmnl

pengeluaran PT KAI untuk pembelian kereta=harga 1 rangkaian kereta api*penambahan rangkaian KA
Units: rupiah

penambahan rangkaian KA=delay penambahan armada kereta api*multiplier rangkaian KA
Units: unit/Year

jumlah keberangkatan yang bisa dilakukan= IF THEN ELSE((jumlah rangkaian KA*keberangkatan yang bisa dilakukan 1 train set)<(jumlah jalur*keberangkatan yang bisa dilakukan pada tiap jalur KA), jumlah rangkaian KA*keberangkatan yang bisa dilakukan 1 train set,jumlah jalur*keberangkatan yang bisa dilakukan pada tiap jalur KA)
Units: keberangkatan

kapasitas 1 rangkaian kereta= 570
Units: orang/keberangkatan

multiplier rangkaian KA= 1
Units: unit/Year

penambahan rangkaian KA=delay penambahan armada kereta api*multiplier rangkaian KA
Units: unit/Year

pengeluaran PT KAI=(multiplier tahun*(biaya per kerangkatan*jumlah keberangkatan))+biaya perawatan kereta api

Units: rupiah

 penambahan keuntungan= profit PT KAI
 Units: rupiah

 pendapatan PT KAI=multiplier tahun*harga tiket kereta api*(penumpang kereta api/multiplier orang)
 Units: rupiah

 penumpang kereta api=(IF THEN ELSE(jumlah demand penumpang kereta api>=kapasitas kereta api, kapasitas kereta api , jumlah demand penumpang kereta api))*load faktor
 Units: orang

 kebutuhan parkir penumpang kereta api=(jumlah demand penumpang kereta api*proporsi penumpang kereta api membawa mobil)*unit konversi satuan mobil+(jumlah demand penumpang kereta api*proporsi penumpang kereta api membawa sepeda motor)*unit konversi satuan sepeda motor
 Units: smp

 kapasitas parkir= kapasitas parkir untuk mobil*unit konversi satuan mobil+kapasitas parkir untuk sepeda motor*unit konversi satuan sepeda motor
 Units: smp

 pendapatan parkir perhari=0.8*(kapasitas parkir untuk mobil*keuntungan parkir perunit mobil+kapasitas parkir untuk sepeda motor*keuntungan parkir perunit motor)
 Units: rupiah

 indeks keterjangkauan=jumlah rute bis kota yang melintasi stasiun/jumlah seluruh rute bis kota
 Units: Dmnl

 indeks ketersediaan parkir=kapasitas parkir/kebutuhan parkir penumpang kereta api
 Units: Dmnl

 indeks coverage area=coverage area keseluruhan stasiun/luas kota surabaya
 Units: Dmnl

 coverage area keseluruhan stasiun= coverage area untuk 1 stasiun*stasiun penumpang di surabaya*multiplier unit
 Units: kilometer2

 indeks preferensi kereta api=(0.05*indeks coverage area+indeks biaya penumpang KA*0.2+indeks ketersediaan*0.2+indeks ketersediaan parkir*0.05+indeks keterjangkauan*0.05+indeks kecepatan kereta api*0.45)/multiplier waktu
 Units: Dmnl/Year

 kapasitas kereta api=jumlah keberangkatan*kapasitas 1 rangkaian kereta
 Units: orang

 indeks ketersediaan=kapasitas kereta api/jumlah demand penumpang kereta api
 Units: Dmnl

 laju konversi stasiun=IF THEN ELSE(stasiun non penumpang di kota surabaya>0, rencana konversi stasiun*delay konversi stasiun, 0)
 Units: unit/Year

 laju pembangunan stasiun baru=IF THEN ELSE(stasiun non penumpang di kota surabaya=0, IF

THEN ELSE(stasiun penumpang di surabaya<18 , delay pembangunan stasiun baru*rencana
pembangunan stasiun baru, 0), 0)

Units: unit/Year

alokasi APBD untuk perbaikan kinerja stasiun=biaya konversi menjadi stasiun penumpang*laju
konversi stasiun+biaya pembangunan stasiun penumpangbaru*laju pembangunan stasiun baru

Units: rupiah/Year

BIODATA PENULIS

Nama lengkap penulis adalah Angga Akbar Fanani, dilahirkan di desa Beji Tulung Agung pada tanggal 7 April 1987. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Mudjiono dan Nurul Musyarofah. Penulis menikah dengan wanita cantik bernama Arvinta Yuaningtyas dan Alhamdulillah telah dikaruniai anak laki-laki yang bernama lengkap Ademaro Khalid Agavin.



Riwayat pendidikan penulis yaitu menepuh pendidikan di SDN Kepanjenlor V Kota Blitar (1993-1999), SLTPN 1 Kota Blitar (1999-2002), SMAN 1 Kota Blitar (2002-2005), dan Teknik Industri Universitas Brawijaya (2005-2010). Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan di Program Magister Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.