

# PROYEKSI KECEPATAN KENDARAAN DAN EMISI CO<sub>2</sub> DI DKI JAKARTA TAHUN 2015-2030 DENGAN PENDEKATAN *SYSTEM DYNAMIC*

Abdul Muis Karim<sup>1</sup>, Dian Priharyaningsih<sup>2</sup>, Leny Veronika<sup>3</sup>

<sup>1)2)3)</sup>Magister Kajian Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Kampus UI Salemba Jakarta

## Abstrak

Kota Jakarta yang menjadi pusat pemerintahan maupun pusat bisnis, menjadi daya tarik tersendiri bagi masyarakat. Padatnya jumlah penduduk berimbas pada jumlah kepemilikan kendaraan bermotor. Tiap tahun jumlah kepemilikan kendaraan bermotor mengalami kenaikan dalam hal jumlah. Tingginya jumlah kepemilikan kendaraan tentu akan membawa kemacetan di jalan raya yang kemudian akan memacu produksi gas emisi CO<sub>2</sub>. Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksi kecepatan kendaraan dan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dengan pendekatan *system dynamic*. Hasil proyeksi ini kemudian di validasi agar hasil proyeksi benar-benar layak dijadikan acuan bagi pengambil kebijakan dalam permasalahan ini.

**Kata Kunci :** Kecepatan Kendaraan, Emisi CO<sub>2</sub>, System Dynamic

## 1. Latar Belakang

Kemacetan adalah salah satu permasalahan akut yang dialami oleh DKI Jakarta sampai saat ini. Penelitian *Castrol Magnetic Start-Stop Index* yang dipublikasikan Kompas (2015) memperlihatkan bahwa Jakarta menempati peringkat pertama Kota termacet di dunia dengan rata-rata setahun pengendara mengalami berhenti jalan sebanyak 33.240 kali. Terjadinya kemacetan lalu lintas ditandai dengan kondisi lalu lintas dengan kecepatan rata-rata rendah. Kecepatan rendah terjadi karena padatnya kendaraan yang berada di jalan pada waktu yang sama. Di Jakarta, khususnya hal ini terjadi pada saat jam puncak (*peak hour*), yakni pada saat pagi dan sore, pada jam keberangkatan dan kepulangan warga DKI Jakarta beraktifitas.

Kemacetan terjadi karena rasio jumlah kendaraan (mobil, motor, bis) yang tidak sebanding dengan panjang jalan yang ada di DKI Jakarta. Jumlah kendaraan yang banyak memengaruhi kecepatan kendaraan dan selanjutnya berdampak pada menurunnya waktu tempuh berkendara. Untuk mengetahui banyaknya jumlah kendaraan di DKI Jakarta, angka pertumbuhan kendaraan menjadi indikasi terpenting. Tabel 1.1 memperlihatkan jumlah kendaraan yang meningkat setiap tahunnya mulai dari tahun 2011-2014. Jumlah mobil, motor, bis, dan mobil barang berturut-turut menunjukkan angka pertumbuhan yang sama, yakni sebesar 8,75%, 10,54%, 2,13%, dan 4,46% (BPS, 2014). Angka pertumbuhan kendaraan yang tinggi ini tidak sebanding dengan panjang jalan di DKI Jakarta yang hanya mengalami peningkatan 0,01% setiap tahunnya. Angka pertumbuhan bis sebagai sarana transportasi publik berada jauh di bawah angka pertumbuhan kendaraan mobil dan motor yang digunakan sebagai kendaraan pribadi warga. Berikut Tabel 1.1

**Tabel 1.1 Jumlah Kendaraan di DKI Jakarta Tahun 2009-2014**

| Tahun         | Motor             | Mobil             | Mobil barang     | Bis              |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 2009          | 7.518.098         | 2.116.282         | 550.924          | 309.385          |
| 2010          | 8.764.130         | 2.334.883         | 565.727          | 332.779          |
| 2011          | 9.861.451         | 2.541.351         | 581.290          | 363.710          |
| 2012          | 10.825.973        | 2.742.414         | 561.918          | 358.895          |
| 2013          | 11.949.280        | 3.010.403         | 619.027          | 360.223          |
| 2014          | 13.084.372        | 3.266.009         | 673.661          | 362.066          |
| <b>Jumlah</b> | <b>62.003.304</b> | <b>16.011.342</b> | <b>3.552.547</b> | <b>2.087.058</b> |

Sumber (BPS, 2014)

Tabel 1.2 Emisi CO2 Kendaraan di DKI Jakarta Tahun 2009-2012

| Tahun         | Kendaraan            | Emisi CO2            | Rasio Emisi/Kendaraan     |
|---------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 2009          | 876.546.344          | 876.546.344          | 83,52                     |
| 2010          | 883.620.994          | 883.620.994          | 73,65                     |
| 2011          | 890.752.743          | 890.752.743          | 66,73                     |
| 2012          | 897.942.054          | 897.942.054          | 61,97                     |
| <b>Jumlah</b> | <b>3.548.862.135</b> | <b>3.548.862.135</b> | <b>Rata-rata = 71,477</b> |

Sumber: Rusiawan.dkk, (2014)

Dilihat dari pendekatan lingkungan, kecepatan yang dianggap ideal adalah kecepatan optimum kendaraan sehingga ketika dijalankan akan menghasilkan polusi yang minimal. Pada kondisi kecepatan rendah, pembakaran bensin menjadi tidak sempurna sehingga menghasilkan lebih banyak CO dan apabila melebihi ambang batas, hal ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi warga DKI Jakarta. Kecenderungan peningkatan jumlah kendaraan di masa mendatang yang tidak diiringi dengan intervensi kebijakan oleh pemerintah DKI Jakarta akan semakin memperburuk kondisi lalu lintas di Jakarta. Tersedianya data proyeksi terkait jumlah kendaraan, kecepatan kendaraan, dan emisi kendaraan di DKI Jakarta dapat mendukung rencana dan pilihan-pilihan intervensi kebijakan yang strategis dan berkelanjutan.

Adapun permasalahannya adalah, jumlah kendaraan yang meningkat setiap tahunnya mengakibatkan padatnya kendaraan yang ada di jalan-jalan, terlebih jika kendaraan-kendaraan tersebut keluar bersamaan pada jam-jam sibuk (*peak hour*) warga beraktivitas di pagi dan sore hari. Banyaknya jumlah kendaraan menimbulkan kepadatan kendaraan di jalan. Hal ini akan memengaruhi kecepatan kendaraan dan selanjutnya menurunkan waktu tempuh kendaraan. Kecepatan kendaraan yang rendah menghasilkan CO yang lebih banyak dan berpotensi mengganggu kesehatan warga DKI Jakarta.

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka pertanyaan yang diajukan untuk permodelan ini adalah, Bagaimana proyeksi jumlah kendaraan sampai pada tahun 2030? Bagaimana proyeksi kecepatan kendaraan sampai pada tahun 2030? Serta, Berapa proyeksi jumlah emisi kendaraan sampai pada tahun 2030? Sedangkan tujuan permodelan ini dilakukan untuk, memproyeksi jumlah kendaraan di DKI Jakarta sampai pada tahun 2030, memproyeksi kecepatan kendaraan di DKI Jakarta sampai pada tahun 2030, dan Memproyeksi emisi CO<sub>2</sub> kendaraan di DKI Jakarta sampai pada tahun 2030

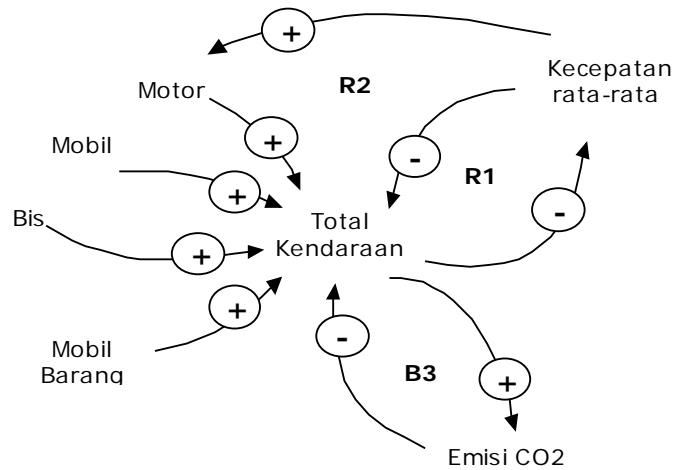
## 2. Metode Penelitian

Untuk setiap melakukan kegiatan pekerjaan dan untuk memperlancar kegiatan itu harus dilakukan secara teratur dan dalam bentuk pentahapan yang sistematis, baik sebelum kegiatan tersebut dilakukan yaitu masih dalam bentuk gagasan, perencanaan, pelaksanaan dan pembuatan keputusan. Kegiatan penelitian ini, hakikatnya adalah kegiatan dalam bentuk penelitian dilakukan berdasarkan program kerja berurutan dan saling berkait. Untuk penelitian ini menggunakan data sekunder dari Badan Pusat Statistik dan hasil penelitian sebelumnya. Sedangkan metode yang dipakai adalah System Dynamic dengan menggunakan software power sim 8.1.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Diagram Simpal Kausal atau Causal Loop Diagram (CLD)

Berdasarkan tujuan permodelan, gambar 1.1 adalah konseptualisasi kepadatan kendaraan di DKI Jakarta dengan diagram simpal kausal. Berikut gambar dari CLD



Gambar 1.1 Diagram Simpal Kausal Kecepatan Rata-rata Kendaraan di DKI Jakarta

Pada diagram simpal kausal diatas, terdapat 1 *balancing loop* (B) dan 2 *reinforcing loop* (R) yang dapat dijelaskan secara ringkas sebagai berikut:

**1. R1: Total kendaraan → kecepatan rata-rata → Total kendaraan**

Total kendaraan yang banyak menyebabkan menurunnya tingkat kecepatan rata-rata kendaraan dan jika kecepatan menurun maka total kendaraan harus dikurangi.

**2. R2 : Kecepatan Rata-rata → Motor → Total kendaraan → Kecepatan rata-rata**

Saat kecepatan rata-rata menurun, maka masyarakat cenderung mencari transportasi alternatif seperti motor. Pilihan ini justru meningkatkan jumlah kendaraan dan pada akhirnya kembali menurunkan tingkat kecepatan rata-rata.

**3 B3 : Total kendaraan → Emisi CO<sub>2</sub> → Total kendaraan**

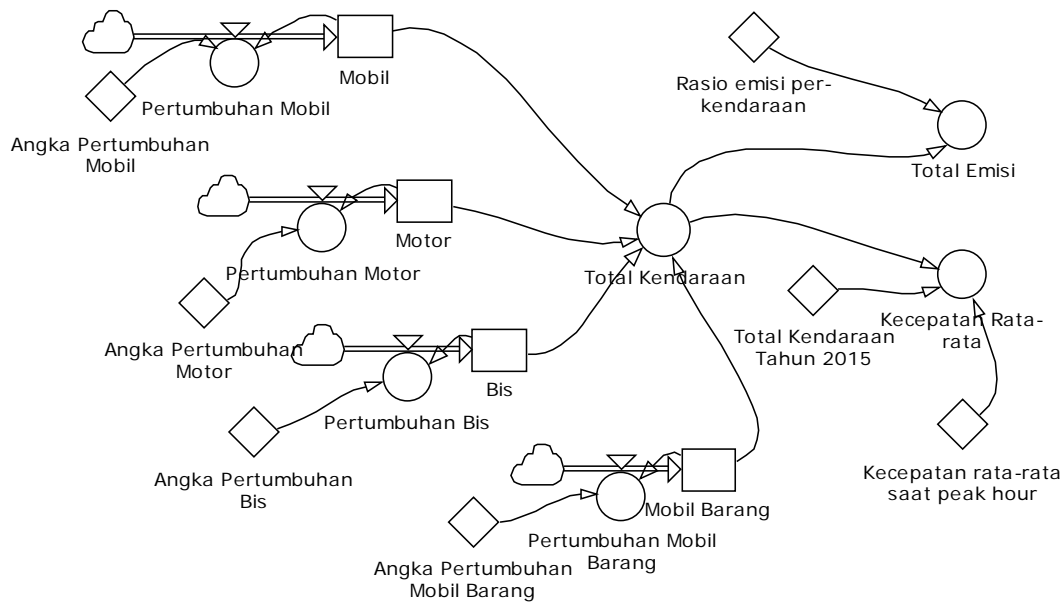
Total kendaraan yang banyak akan mengakibatkan konsumsi bahan bakar makin besar yang dampaknya akan meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> sehingga untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub>, maka total kendaraan harus dikurangi

Pada diagram simpal kausal tersebut, terdapat tiga (3) variabel. Definisi operasional dan satuan waktu masing-masing variabel diuraikan pada tabel 1.3.

Tabel 1.3 Definisi Operasional Variabel

| No | Nama Variabel         | Definisi Operasional Variabel                                  | Satuan |
|----|-----------------------|--|--------|
| 1  | Total kendaraan       | Jumlah armada bis, mobil, motor dan mobil barang               | Unit   |
| 2  | Kecepatan rata-rata   | Jarak tempuh kendaraan tiap jam                                | Km/Jam |
| 3  | Emisi CO <sub>2</sub> | Buangan CO <sub>2</sub> hasil pembakaran bahan bakar kendaraan | ton    |

### 3.2. Diagram Air atau Stock Flow Diagram (SFD)



Gambar 1.2 Diagram Alir Kecepatan Kendaraan di DKI Jakarta

### 3.3. Persamaan Powersim

Tabel 1.4 Persamaan Powersim

| Simbol | Nama Variabel                  | Unit       | Definition/Equation                                      |
|--------|--------------------------------|------------|--|
| stock  | Mobil                          | Unit       | 2.116.282  |
| const  | Angka pertumbuhan mobil        | %/Tahun    | 8.75   |
| inflow | Pertumbuhan mobil              | Unit/Tahun | 'Angka pertumbuhan mobil'* 'mobil'<br>(472,716.785713)   |
| stock  | Motor                          | Unit       | 7.518.098  |
| const  | Angka pertumbuhan motor        | %/Tahun    | 10.54  |
| inflow | Pertumbuhan motor              | Unit/Tahun | 'Angka pertumbuhan motor'* 'motor'<br>(2,515,997.790282) |
| stock  | Bis                            | Unit       | 309.385  |
| const  | Angka pertumbuhan bis          | %/Tahun    | 2.13   |
| flow   | Pertumbuhan bis                | Unit/Tahun | 'Angka pertumbuhan bis'* 'bis'<br>(8,751.597568789)      |
| stock  | Mobil barang                   | Unit       | 550.924  |
| const  | Angka pertumbuhan mobil barang | %/Tahun    | 4.46   |
| inflow | Pertumbuhan mobil barang       | Unit/Tahun | 'Angka pertumbuhan mobil barang'* 'mobil barang'         |
| aux    | Total kendaraan                | Unit       | 'bis+mobil'+ 'motor'                                     |

|      |   |          |  |
|------|---|----------|--|
| cons | Total kendaraan pada tahun 2015                                   | Unit     | 17523967   |
| cons | Rasio emisi per-kendaraan   | Ton/Unit | 71.47  |
| aux  | Total emisi kendaraan pada tahun 2015                             | Ton      | 'Rasio emisi per-kendaraan'*'Total Kendaraan'  |
| cons | Kecepatan pada saat jam puncak perkendaraan                       | Km/Jam   | 15   |
| aux  | Kecepatan pada saat jam puncak kendaraan di masa yang akan datang | Km/Jam   | 'Total Kendaraan pada tahun 2015/total kendaraan*kecepatan pada saat jam puncak perkendaraan pada tahun 2015 |

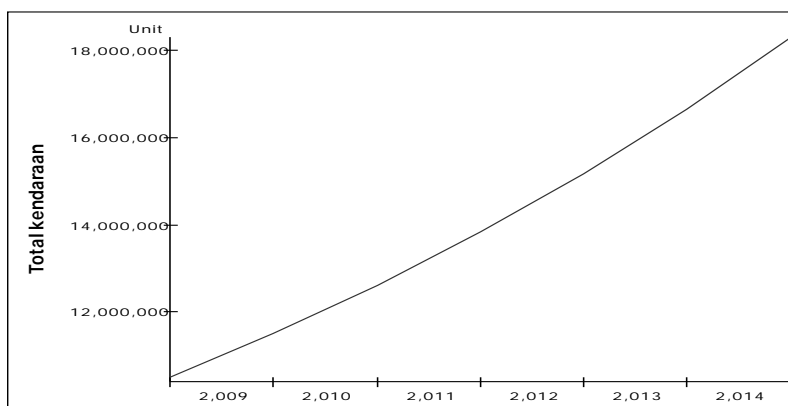
## 7. Asumsi Model

Data referensi yang digunakan dalam permodelan ini adalah data Sistem informasi manajemen transportasi (SIMTRAP) BPS dan BLHD tahun 2009-2014. Beberapa asumsi yang digunakan untuk permodelan ini adalah:

- Total kendaraan yang digunakan adalah jumlah seluruh kendaraan yang ada di DKI Jakarta
- Faktor-faktor yang mengurangi atau menambah jumlah kendaraan seperti kerusakan, pencurian, dan migrasi diabaikan
- Angka pertumbuhan kendaraan tetap
- Tidak ada penambahan ruas jalan sampai tahun 2030

## 3.4. Hasil Simulasi

Berikut adalah tampilan grafik terkait jumlah kendaraan tahun 2009-2014.



Gambar 1.3 Total Kendaraan di DKI Jakarta Tahun 2009-2014

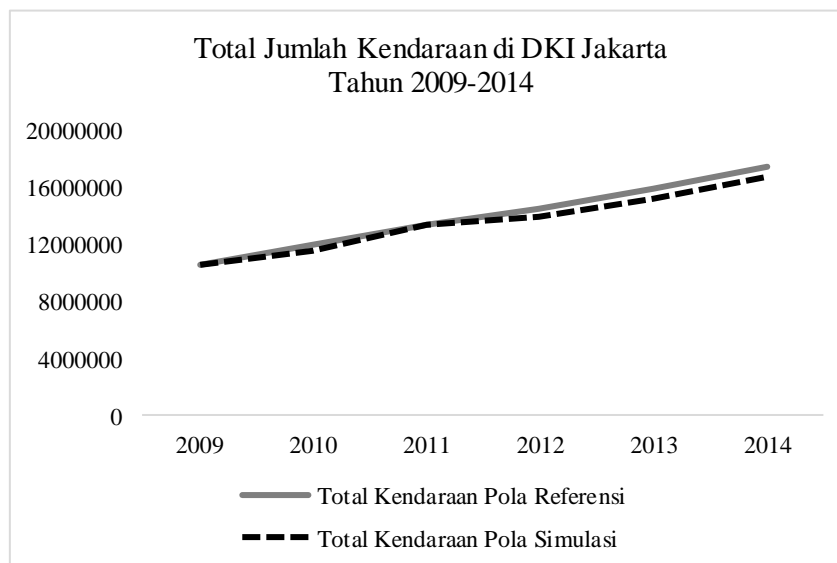
### 3.5. Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk menguji kredibilitas model, yakni representasi model dengan sistem dunia nyata. Berikut adalah tabel validasi model simulasi:

Tabel 1.5 Validasi Simulasi Model

| Tahun     | Motor (DR) | Simulasi (DS) | Mobil (DR) | Simulasi (DS) | Mobil barang (DR) | Simulasi (DS) | Bis (DR) | Simulasi (DS) | Total Jumlah kendaraan (DR) | Total Jumlah kendaraan (DS) |
|-----------|------------|---------------|------------|---------------|-------------------|---------------|----------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 2014      | 13.084.372 | 12.408.100    | 3.266.009  | 3.265.744     | 673.661           | 685.238       | 362.066  | 393.914       | 17.386.108                  | 16.752.996                  |
| 2013      | 11.949.280 | 11.224.986    | 3.010.403  | 3.002.983     | 619.027           | 655.981       | 360.223  | 385.698       | 15.938.933                  | 15.269.648                  |
| 2012      | 10.825.973 | 10.154.683    | 2.742.414  | 2.761.363     | 561.918           | 627.974       | 358.895  | 377.654       | 14.489.200                  | 13.921.674                  |
| 2011      | 9.861.451  | 9.816.433     | 2.541.351  | 2.539.185     | 581.290           | 601.162       | 363.710  | 369.778       | 13.347.802                  | 13.326.558                  |
| 2010      | 8.764.130  | 8.310.505     | 2.334.883  | 2.334.882     | 565.727           | 575.495       | 332.779  | 362.066       | 11.997.519                  | 11.582.948                  |
| 2009      | 7.518.098  | 7.518.098     | 2.116.282  | 2.116.282     | 550.924           | 550.924       | 309.385  | 309.385       | 10.494.689                  | 10.494.689                  |
| Rata-rata | 10.333.884 | 9.905.468     | 2.668.557  | 2.670.073     | 592.091           | 616.129       | 347.843  | 366.416       | 13.942.375                  | 13.558.086                  |
| AME       | 4,15       |               | 0,06       |               | 4,06              |               | 5,34     |               | 2,76                        |                             |

Rata-rata kesalahan mutlak dari prediksi permodelan atau *absolute mean error* (AME) atas masing-masing variabel motor, mobil, mobil barang, dan bis adalah berturut-turut 4,15%, 0,06%, 4,06%, 5,34%. Apabila jumlah keseluruhan kendaraan disatukan maka rata-rata kesalahan sebesar 2,76%. Dengan hasil nilai rata-rata demikian, maka model simulasi ini dapat dikatakan valid. Metode validasi lain dapat dilihat dari Gambar 1.6 yang memperlihatkan jarak atau kedekatan garis linear antara data referensi dan data simulasi dari jumlah kendaraan di DKI Jakarta.

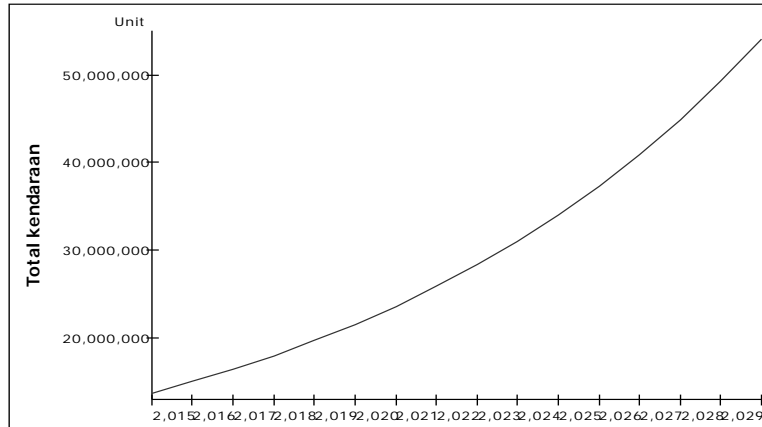


Gambar 1.4 Validasi Pola Referensi dan Pola Simulasi Total Kendaraan di DKI Jakarta

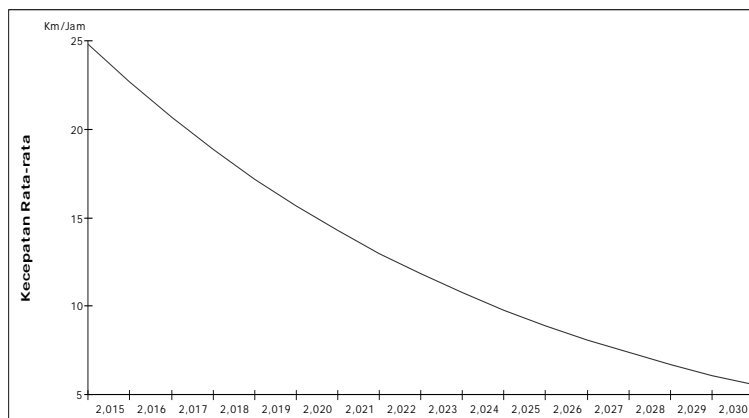
Pola referensi dan pola simulasi, keduanya sama-sama memperlihatkan sifat model *exponential growth*. Walaupun trendnya tidak terlalu tajam, namun dipastikan bahwa kecenderungan pola ini akan terus meningkat. Validasi model kecepatan kendaraan memperlihatkan sifat model *decay*, artinya kecepatan kendaraan akan terus menurun dan sampai pada waktu tertentu akan berada pada titik nol.

### 3.6. Simulasi *Business As Usual* (BAU)

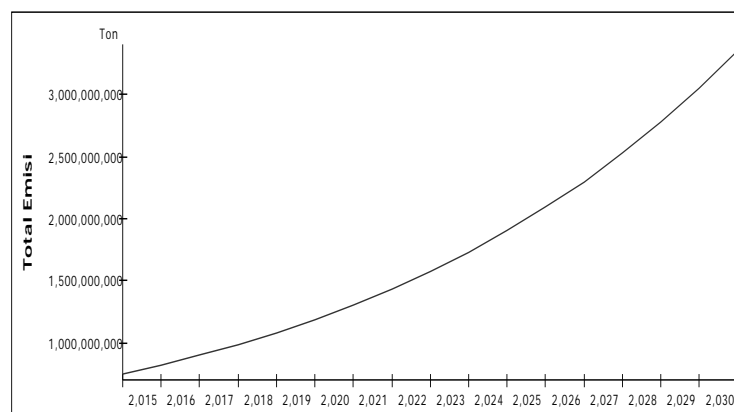
Simulasi *business as usual* dilakukan dengan mensimulasikan jumlah kendaraan pada jam puncak, kecepatan kendaraan, dan emisi kendaraan di masa mendatang dengan rentang waktu mulai tahun 2015-2030. Simulasi dilakukan untuk periode waktu tahun 2015-2030 dengan pertimbangan bahwa kebijakan transportasi DKI Jakarta mengacu pada Rencana Tata Ruang Wilayah DKI Jakarta sampai pada tahun 2030. Apabila pada masa rentang waktu tersebut ada penyesuaian yang dilakukan oleh Gubernur yang menjabat, pemodel meyakini perubahan ini tidak akan mengalami perbedaan yang signifikan dengan *blue print* rencana jangka panjang pembangunan transportasi di DKI Jakarta yang sudah ditetapkan dalam keputusan.



Gambar 1.5 Jumlah Kendaraan di DKI Jakarta Tahun 2015-2030



Gambar 1.6 Kecepatan Kendaraan Tahun 2015-2030



Gambar 1.9 Emisi CO<sub>2</sub> Kendaraan di DKI Jakarta Tahun 2015-2030

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dihasilkan dari permodelan ini adalah:

1. Mulai dari tahun 2015 total kendaraan di DKI Jakarta akan terus meningkat dan pada tahun 2030 total kendaraan mencapai 42,730,737 unit.
2. Mulai dari tahun 2015 kecepatan rata-rata kendaraan akan terus menurun dan pada tahun 2030 akan mencapai 6,10 Km/Jam
3. Mulai dari tahun 2015 emisi CO<sub>2</sub> kendaraan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan. Pada tahun 2030 emisi CO<sub>2</sub> mencapai 3,053,965,806 ton.

#### Referensi

- [1] Armah, F.A, Yawson, D.A., & Pappoe, A.A.N.M. (2010). A Systems Dynamics Approach to Explore Traffic Congestion and Air Pollution Link in the City of Accra, Ghana. *Sustainability Journal* doi:10.3390/su2010252
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. (2014). Statistik Transportasi DKI Jakarta 2014. Jakarta
- [3] Haydari, J., Vara-Arani, H., Jahani, S., Dashti, & Moazen, S. (2014). A system dynamics modeling for urban air pollution: A case study of Tehran, Iran. *ScienceDirect*. 10.1016/j.trd.2014.05.016
- [4] Oktioza Pratama. (2012). Analisis rencana penerapan electronic road procing (ERP) pada sektor transportasi terhadap Kota Jakarta Menggunakan Pendekatan Dinamis. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia
- [5] Papageorgiou, G. (2010). Strategic Management of Transportation Systems *International Journal of Arts and Sciences* 3(12): 362-367 (2010)
- [6] Rusiawan, W., Tjiptoherijanto, P., Suganda, E., Darmajanti, L. (2015). System dynamics modeling for urban economic growth and CO<sub>2</sub> emission: a case study of Jakarta, Indonesia. *Procedia Environmental Science* 28 (2015)
- [7] Stave, K.A. (2002). Using system dynamics to improve public participation in environmental decisions. *System Dynamics Review* Vol. 18, No . 2 , DOI: 10.1002/sdr.237
- [8] <http://megapolitan.kompas.com/read/2015/02/05/10343151/Jakarta.Kota.Termacet.Ini.Komentar.Dirlantas.Polda.Metro>