

**SIMULASI PEMODELAN JARINGAN JALAN UNTUK
MEMPREDIKSI PENGURANGAN EMISI CO, NO_x, PM₁₀, DAN SO₂
DARI RENCANA PEMBANGUNAN BUS RAPID TRANSIT DI
KOTA TANGERANG**

***SIMULATION OF ROAD NETWORK MODELING TO PREDICT
EMISSION REDUCTION OF CO, NO_x, PM₁₀, AND SO₂ FROM BUS
RAPID TRANSIT DEVELOPMENT PLAN IN TANGERANG CITY***

^{1*} Qiyam Maulana B.S, ² Asep Sofyan, dan ³ Russ Bona Frazila

^{1,2} Program Studi Magister Teknik Lingkungan

³ Program Magister Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

^{1*}qiyammaulana@gmail.com, ²asepsofyan@ftsl.itb.ac.id, ³frazila@yahoo.com

Abstrak: Pencemaran udara saat ini menjadi salah satu masalah utama di kota-kota besar di Indonesia seperti di kota Tangerang. Sebagai daerah penyangga ibu kota Negara DKI Jakarta, Kota Tangerang merupakan salah satu wilayah dengan laju pertumbuhan ekonomi yang tinggi ditandai dengan bertambahnya jumlah industri, kawasan bisnis dan jumlah kendaraan bermotor. Saat ini jumlah dan penggunaan kendaraan bermotor bertambah dengan tingkat pertumbuhan rata-rata 10% per tahun. Pemerintah kota Tangerang berencana membangun fasilitas Bus Rapid Transit (BRT) guna mengatasi masalah kemacetan. Hal tersebut tentunya akan berdampak pada berkurangnya emisi yang dihasilkan dari sektor transportasi karena berkurangnya penggunaan kendaraan pribadi yang beralih ke BRT. Terdapat tiga skenario pemodelan yang dibuat pada penelitian ini yaitu Business As Usual, skenario BRT satu koridor, dan Skenario BRT 5 Koridor. Ketiga skenario tersebut juga diproyeksikan dalam lima tahun kedepan yaitu tahun 2021. Inventarisasi Emisi pada Segementasi Jalan di Kota Tangerang Tahun 2016 tanpa skenario adalah 270.292 ton/tahun untuk polutan CO. Polutan NO_x sebesar 23.857 ton/tahun. Polutan PM₁₀ sebesar 3.349 ton/tahun dan polutan SO₂ sebesar 571 ton/tahun. Hasil dari penelitian menunjukkan Penurunan beban emisi dari skenario BRT 1 koridor pada tahun 2016 rata – rata sebesar 1,5%. Untuk proyeksi tahun 2021 penurunan dari skenario BRT 1 koridor sebesar 5,6%. Sedangkan untuk skenario BRT 5 koridor rata-rata penurunan beban emisinya sebesar 16 %.

Kata kunci: Inventarisasi emisi, pemodelan jaringan jalan, bus rapid transit

Abstract : Air pollution is currently one of the main problems in big cities in Indonesia such as in the city of Tangerang. As the buffer area state capital of Jakarta, Tangerang City is one of the areas with a high rate of economic growth marked by the growing number of industries, the business district and the number of motor vehicles. Currently the number and use of motor vehicles increased with an average growth rate of 10% per year. Tangerang city government plans to build facilities Bus Rapid Transit (BRT) in order to overcome the problem of traffic jam. It certainly will have an impact on the reduction of emissions resulting from the transport sector due to reduced use of private vehicles are switching to BRT. There are three scenarios modeling made in this study is Business As Usual scenario, BRT one corridor scenario, and BRT five corridor Scenario. The three scenario is also projected in five years until 2021. Emissions Inventory at Tangerang Segmentation 2016 without scenario is 270.292 tonnes / year for pollutants CO. NO_x pollutants by 23.857 tonnes / year. PM₁₀ pollutants by 3.349 tons / year and pollutants SO₂ by 571 tons / year. Results from the study showed that average reduction value of BRT one corridor scenario in 2016 is 1.5%. For the projected 2021 of BRT one corridor scenario by 5.6%. While the BRT five corridor scenario for an average reduction of emissions burden quite by 16%.

Key words: emission inventory, road network modeling, bus rapid transit.

PENDAHULUAN

Sebagai daerah penyangga ibu kota Negara DKI Jakarta, Kota Tangerang merupakan salah satu wilayah dengan laju pertumbuhan ekonomi yang tinggi ditandai dengan bertambahnya jumlah industri, kawasan bisnis dan jumlah kendaraan bermotor. Sektor Industri dan Transportasi merupakan penyumbang terbesar pencemaran udara terutama di daerah kota dengan penduduk yang padat dan berkembang seperti Kota Tangerang. Sektor transportasi di Kota Tangerang berpotensi mengeluarkan emisi pencemaran udara yang dapat berdampak langsung terhadap penduduk di sekitar. Pembangunan kota disertai dengan melonjaknya produksi kendaraan bermotor meningkatkan kepadatan lalu lintas dan hasil buangan dari kendaraan bermotor juga semakin besar dan berbahaya dampaknya bagi manusia.

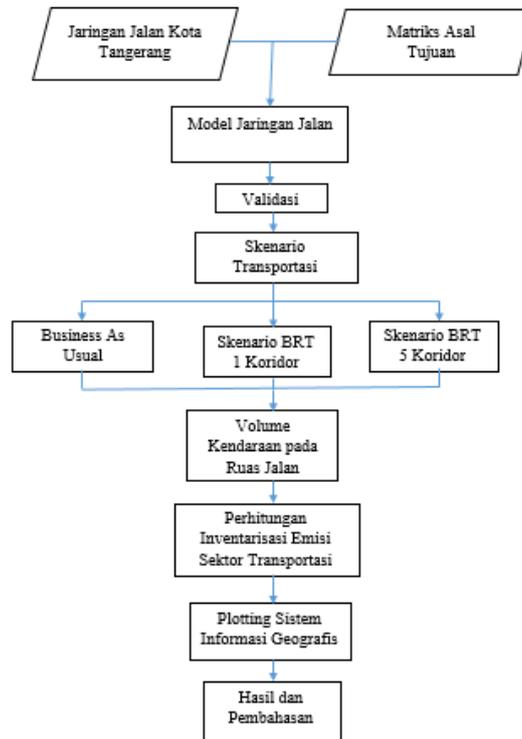
Sekitar 87% kontribusi pencemaran udara berasal dari sektor transportasi (Kementerian Lingkungan Hidup, 2008). Berdasarkan pada studi yang dilakukan oleh Dishub Kota Tangerang pada tahun 2013 yang dilakukan dengan survey lalu lintas, penggunaan kendaraan pribadi di Kota Tangerang mencapai 92,11% sedangkan transportasi publik hanya sekitar 7% sisanya. Hal tersebut jauh dari standar kondisi ideal yang ditetapkan oleh Bank Dunia yaitu seharusnya rasio penggunaan kendaraan pribadi dan transportasi publik adalah masing-masing 60% dan 40%.

Kota Tangerang secara keruangan berbatasan langsung dengan Kota Jakarta dan merupakan bagian dari pengembangan metropolitan Jabodetabek, serta menjadi pintu gerbang bagi masuknya pergerakan orang, barang dan jasa ke Propinsi Banten. Kota Tangerang sebagai kota dengan prospek yang cerah bagi pengembangan berbagai kegiatan ekonomi, secara tidak langsung akan menarik penduduk untuk bermukim di Kota Tangerang. Besarnya populasi manusia pada suatu daerah tidak hanya merefleksikan perkembangan daerah tersebut, tetapi juga mempengaruhi permintaan banyaknya alat transportasi (Cheng, et al., 2015). Emisi CO dari transportasi penumpang di China 75,5% berasal dari mobil (Wang et al., 2015).

Pada studi ini dilakukan inventarisasi emisi di wilayah Kota Tangerang. Analisis yang dilakukan yaitu analisis sumber emisi yang berasal dari sumber kegiatan Transportasi. Terdapat beberapa tahapan dalam mengatasi permasalahan kualitas udara, pertama adalah melakukan inventarisasi emisi untuk mengetahui potensi dari sumber pencemar. Dan untuk inventarisasi emisi dari sektor transportasi pada khususnya, diperlukan pendekatan dengan menghitung data kendaraan dalam sistem jaringan transportasi yang kompleks. Salah satu pendekatan tersebut adalah Pemodelan Transportasi, suatu model yang dapat merepresentasikan sistem jaringan dan kegiatan pada jalan. Data hasil dari Inventarisasi Emisi diolah dan disajikan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu perangkat lunak komputer yang memberikan tampilan dalam bentuk informasi geografis pada wilayah Inventarisasi Emisi yang dapat membantu dalam mengelola informasi emisi dalam jumlah besar dan menyajikan peta emisi dengan memetakan data dalam format grid.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Inventarisasi emisi pencemaran udara sumber transportasi darat, Pemetaan beban emisi hasil inventarisasi emisi ke dalam sistem informasi geografis, Simulasi inventarisasi emisi sektor transportasi dengan memanfaatkan output dari penggunaan pemodelan transportasi sehingga dapat mengetahui bagaimana kontribusi dan reduksi emisi sektor transportasi sebelum dan sesudah pembangunan fasilitas BRT di kota Tangerang. Ruang lingkup penelitian ini adalah Kota Tangerang, dengan Inventarisasi emisi dari sektor transportasi darat yang dihasilkan dari sepeda motor, mobil, bus, dan truk. Parameter pencemaran udara yang dihitung adalah No_x , CO, SO_2 , dan PM_{10} .

METODOLOGI



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data primer dari survey *traffic counting* dan data sekunder berikut ini :

Tabel 1. Kebutuhan data

Jenis Data	Sumber	Peruntukan
1. Jumlah kendaraan (<i>traffic counting</i>) tahun	Dinas Perhubungan (Dishub) Kota Tangerang dan survey	Input dan validasi dalam model jaringan jalan
2. Kapasitas dan peruntukan jalan	Dinas Perhubungan	Input dalam model jaringan jalan
3. Data jaringan jalan	Dinas Perhubungan	Input dalam model jaringan jalan
4. Matriks Asal Tujuan	Jumlah Penduduk per Kecamatan Kota Tangerang	Input dalam model jaringan jalan
5. Peta jalan dan administrasi Kota Tangerang	Dinas Perhubungan	Pemetaan <i>traffic</i> dan emisi dari <i>traffic</i>

Metode Inventarisasi Emisi

Dalam perhitungan Emisi Sumber bergerak/transportasi, VKT setiap kategori kendaraan pada suatu ruas jalan diasumsikan karakteristik lalu lintasnya tetap sehingga perhitungannya dapat dilakukan sebagai berikut:

$$VKT_{j,line} = \sum_{i=1}^n Q_{ji} \cdot l_i$$

$$E_{cji} = VKT_{ji} \cdot EF_{cj}$$

Dimana

$VKT_{j,line}$ = VKT kategori kendaraan j pada ruas jalan i yang dihitung sebagai sumber garis (km/tahun)

Q_{ji} = volume kendaraan dalam kategori j pada ruas jalan i (kendaraan/tahun)

l_i = panjang ruas jalan i (km)

E_{cji} = emisi pencemar c untuk kendaraan kategori j pada ruas jalan i

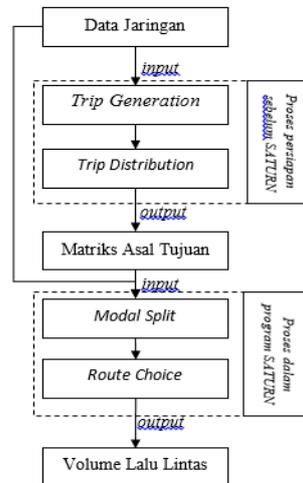
Tabel 2. Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan di Indonesia

Kategori Kendaraan	CO	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)
Mobil Penumpang	32,4	2,3	0,12	0,11
Bis	11	11,9	1,4	0,93
Truk	8,4	17,7	1,4	0,82
Sepeda Motor	14	0,29	0,24	0,008

Sumber: Permen LH No 12/2010

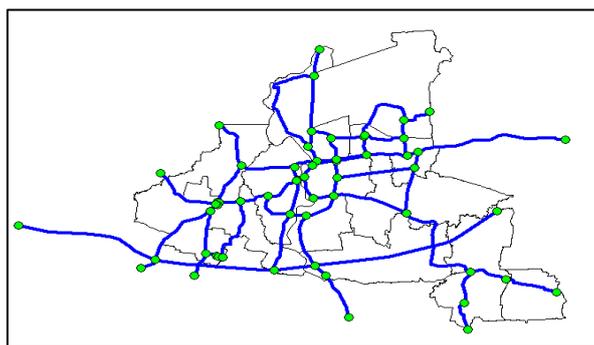
Pemodelan Transportasi

Dalam pemodelan transportasi, daerah kajian dibagi-bagi menjadi zona-zona dimana perjalanan disimulasikan memulai perjalanan dari pusat zona asal menuju pusat zona tujuan. Data jaringan jalan yang diperlukan dalam input program simulasi Saturn adalah jarak ruas, kapasitas ruas dan data validasi pada ruas. Data-data tersebut telah diperoleh dari data sekunder maupun survei primer yang telah dilakukan.



Gambar 2. Bagan alir model

Matrik asal tujuan untuk daerah kajian diperoleh dari mengolah matrik ATTN yang dihasilkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Perhubungan tahun 2011. Matriks dasar ini sebagai dasar untuk pergerakan antar zona kabupaten di sekitar kota Tangerang yang dikalibrasi dengan data survei primer yang dilakukan. Sedangkan untuk matriks pergerakan zona kecamatan di dalam kota Tangerang diperoleh dengan mengolah data jumlah penduduk per kecamatan. Data Jumlah penduduk ini kemudian diolah dengan metode gravity dengan jarak sebagai data biaya perjalanan. Kedua data tersebut kemudian digabungkan untuk memperoleh matrik asal tujuan pada tahun 2015 sebagai tahun validasi model. Setelah diperoleh model tervalidasi, kemudian dilakukan forecasting untuk memperoleh matrik asal tujuan pada tahun yang diinginkan sesuai kebutuhan dari analisis model lalu lintas.



Gambar 3. Peta jaringan jalan

Skenario Transportasi Kota Tangerang

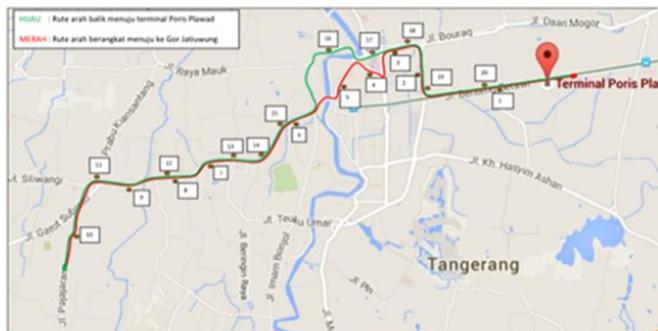
Untuk mengetahui bagaimana jumlah beban emisi dan bagaimana pengaruh skenario transportasi terhadap reduksi emisi, maka akan dilakukan tiga skenario yang akan disimulasikan ke dalam model yaitu:

1. *Business As Usual – Do Nothing*

Dalam skenario ini kondisi lalu lintas akan dibiarkan sebagaimana mestinya tanpa adanya pembangunan BRT dan perubahan matriks asal tujuan. Dalam skenario ini kondisi transportasi juga akan diproyeksikan lima tahun kedepan yaitu tahun 2021 dengan asumsi pertumbuhan jumlah kendaraan sebesar 10% per tahun sesuai dengan data dari dishub kota Tangerang. Dari data pertumbuhan tersebut maka kondisi transportasi jalan tahun 2021 akan disimulasikan.

2. Skenario BRT 1 Koridor

Alternatif solusi perbaikan hasil kondisi untuk mengurangi pencemaran udara dari sektor transportasi dilakukan dengan menyusun rencana penanganan transportasi lokal di Kota Tangerang. Menurut Rencana Jaringan Pelayanan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Kota Tangerang yaitu berupa rencana pengembangan sistem angkutan massal berbasis jalan dalam kota yang diarahkan sebagai moda angkutan umum pada jalan-jalan utama yang memiliki nilai strategis, di Kota Tangerang akan dibangun BRT dengan beberapa koridor, untuk saat ini yang sudah pasti akan dibangun ada satu koridor yang mempunyai rute sebagai berikut ini Benteng Betawi- Jalan Sudirman- Daan Mogot- Jalan Merdeka- Simpang Otista- Jalan Gatot Subroto. Maka dari itu akan dilakukan skenario pembangunan BRT pada jalur-jalur tersebut dan akan diolah menggunakan SATURN dan dilihat seberapa besar penurunan emisi dari sektor transportasi akibat dari pembangunan jalur baru BRT. Pada skenario ini juga akan diproyeksikan ke dalam tahun 2021 untuk mengetahui bagaimana signifikansi penurunan emisi di tahun tersebut. Asumsi perpindahan moda dari sepeda motor ke BRT sebesar 5% dan mobil ke BRT sebesar 2% (Dishub Tangerang, 2014).



Gambar 4. Peta rute BRT koridor 1 kota Tangerang (Dishub Tangerang, 2016)

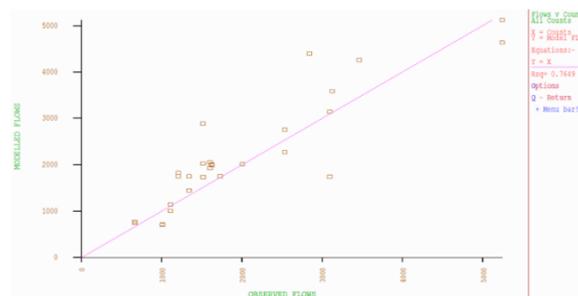
3. Skenario BRT 5 Koridor

Skenario ideal dibuat berdasarkan rencana pembangunan lima koridor BRT yang dilakukan oleh pemerintah kota Tangerang kedepannya yang mencakup semua jalan utama di kota Tangerang. Dalam hal ini skenario ideal dilakukan pada tahun 2021 dimana semua jalan utama telah sepenuhnya dilayani oleh BRT. Rencana pembangunan lima koridor tersebut adalah Terminal Poris Plawad – Jatiuwing, Terminal Poris Plawad – Cibodas/ Karawaci, Terminal Poris Plawad – Ciledug, Terminal Poris Plawad – Bandara Soekarno Hattta, Terminal Poris Plawad – Cadas. Semua koridor tersebut masih direncanakan rutenya dan diperkirakan akan dapat melayani seluruh jalan utama di kota Tangerang. Dengan demikian perubahan modifikasi akan dilakukan di semua zona matriks asal tujuan pada pemodean transportasi dan proyeksi juga dilakukan sesuai dengan pertumbuhan 10% kendaraan setiap tahun sampai dengan tahun 2021. Pada skenario ideal di tahun 2021 angka perpindahan moda dari sepeda motor ke BRT sebesar 35% dan mobil ke BRT sebesar 20% (Dishub Tangerang, 2014).

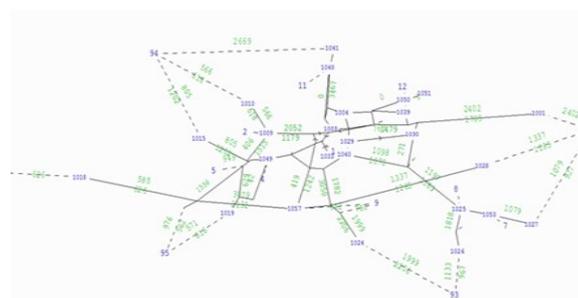
HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Model

Dalam membuat model perlu dilakukan proses validasi untuk memastikan model yang dihasilkan sesuai dengan kondisi lapangan. Pada studi ini, hasil model lalu lintas divalidasi dengan data volume lalu lintas hasil dari data survei primer serta dari data sekunder yang telah dilakukan oleh Dinas Perhubungan pada tahun 2015. Hasil model ini menunjukkan kecocokan sebesar 76% dengan kondisi lapangan.



Gambar 5. Grafik Hasil Model Terhadap Hasil Observasi

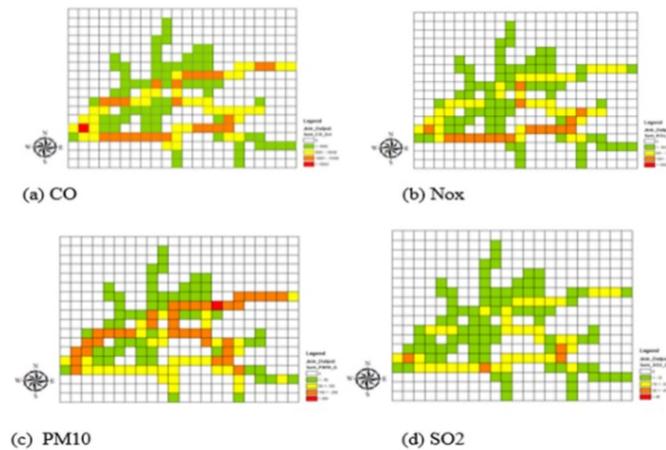


Gambar 6. Contoh output pemodelan

Perhitungan Inventarisasi Emisi Berdasarkan Skenario Transportasi

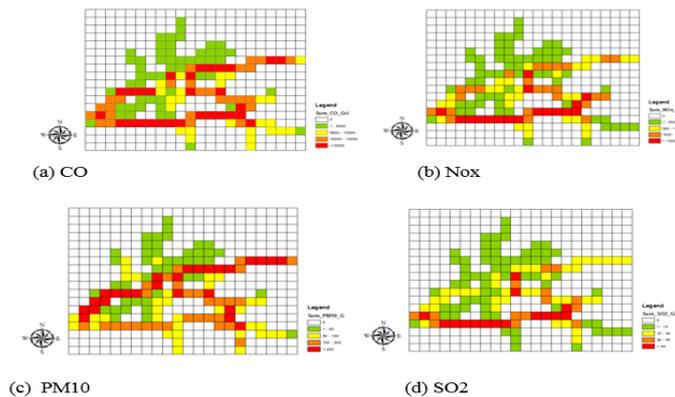
1. Skenario 1 (Business As Usual – do nothing)

Pada tahun 2016 secara keseluruhan, emisi dari segmentasi jalan utama di Kota Tangerang sebesar 270.292 ton/tahun untuk polutan CO. Polutan NO_x sebesar 23.857 ton/tahun. Polutan PM₁₀ sebesar 3.348 ton/tahun. Dan polutan SO₂ sebesar 571 ton/tahun. Beban emisi tertinggi adalah CO sebanyak 90,7% dari total semua jenis polutan dan NO_x sebanyak 8 % menjadi polutan kedua untuk beban emisi yang besar.



Gambar 6. Grid emisi tahun 2016

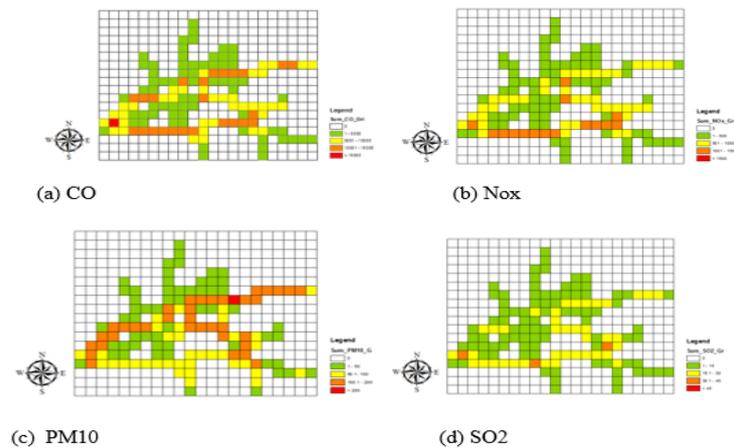
Pada tahun 2021 secara keseluruhan, emisi dari segmentasi jalan utama di Kota Tangerang pada tahun 2021 sebesar 436.062 ton/tahun untuk polutan CO. Polutan NO_x sebesar 39.121 ton/tahun. Polutan PM₁₀ sebesar 5397 ton/tahun. Dan polutan SO₂ sebesar 949 ton/tahun. Beban emisi tertinggi adalah CO sebanyak 90,6% dari total semua jenis polutan dan NO_x sebanyak 8,1 % menjadi polutan kedua untuk beban emisi yang besar.



Gambar 7. Grid emisi tahun 2021

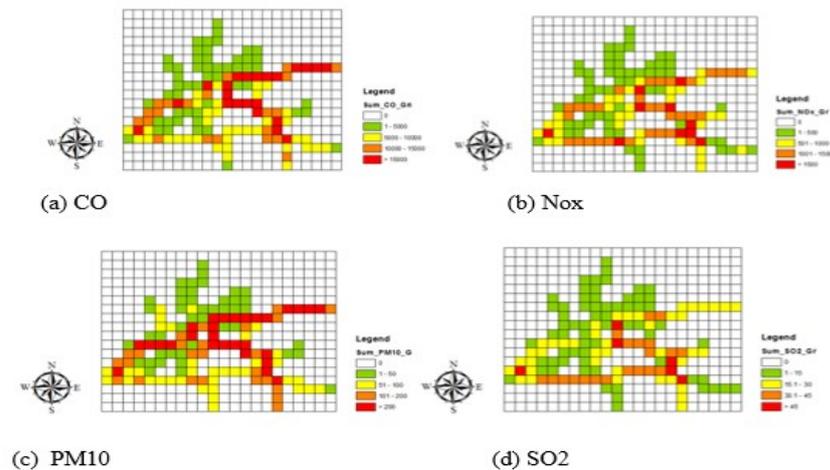
2. Skenario BRT 1 Koridor

Pada skenario BRT 1 koridor tahun 2016 secara keseluruhan, emisi dari segmentasi jalan utama di Kota Tangerang sebesar 270.024 ton/tahun untuk polutan CO. Polutan NO_x sebesar 22.858 ton/tahun. Polutan PM₁₀ sebesar 3.346 ton/tahun. Dan polutan SO₂ sebesar 562 ton/tahun. Beban emisi tertinggi adalah CO sebanyak 91% dari total semua jenis polutan dan NO_x sebanyak 7,7 % menjadi polutan kedua untuk beban emisi yang besar.



Gambar 8. Grid emisi skenario BRT Tahun 2016

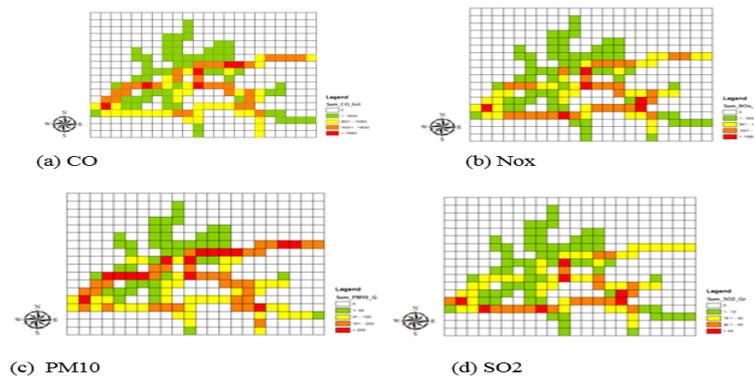
Pada skenario BRT 1 koridor tahun 2021 secara keseluruhan, emisi dari segmentasi jalan utama di Kota Tangerang sebesar 390.264 ton/tahun untuk polutan CO. Polutan NO_x sebesar 35.298 ton/tahun. Polutan PM₁₀ sebesar 5.387 ton/tahun. Dan polutan SO₂ sebesar 929 ton/tahun. Beban emisi tertinggi adalah CO sebanyak 90,4% dari total semua jenis polutan dan NO_x sebanyak 8,2 % menjadi polutan kedua untuk beban emisi yang besar.



Gambar 9. Grid emisi skenario BRT Tahun 2021

3. Skenario BRT 5 Koridor

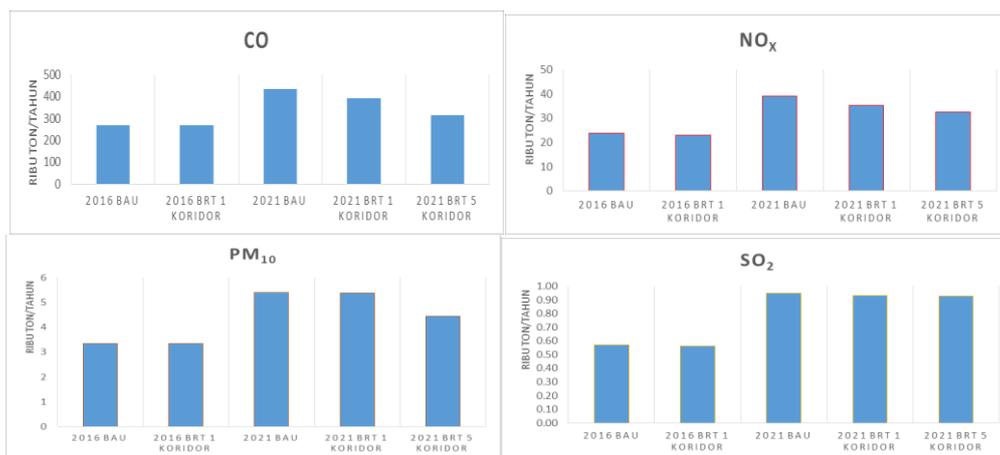
Pada skenario BRT 5 Koridor tahun 2021 secara keseluruhan, emisi dari segmentasi jalan utama di Kota Tangerang sebesar 314.542 ton/tahun untuk polutan CO Polutan NO_x sebesar 32.575 ton/tahun. Polutan PM₁₀ sebesar 4.443 ton/tahun. Dan polutan SO₂ sebesar 927 ton/tahun. Beban emisi tertinggi adalah CO sebanyak 89,3% dari total semua jenis polutan dan NO_x sebanyak 9,2 % menjadi polutan kedua untuk beban emisi yang besar.



Gambar 10. Grid emisi skenario Ideal Tahun 2021

Reduksi Emisi Hasil Skenario Transportasi

Untuk mengetahui bagaimana hasil perubahan emisi dari skenario yang telah direncanakan, maka akan dibuat tabel dan grafik perbandingan, berikut ini adalah grafik perbandingan dari jumlah emisi yang dihasilkan berdasarkan dari hasil yang telah disimulasikan dalam model saturn.



Gambar 11. Grafik perkembangan beban emisi berdasarkan skenario transportasi

KESIMPULAN

Model jaringan transportasi jalan raya memiliki nilai validasi relatif besar yaitu 0,76. Penurunan beban emisi dari skenario BRT 1 koridor pada tahun 2016 rata – rata penurunannya dari semua polutan sebesar 1,5%. Untuk proyeksi tahun 2021 penurunan dari skenario BRT 1 koridor sebesar 5,6%. Sedangkan untuk skenario BRT 5 koridor rata-rata penurunan beban emisinya sebesar 16 %.

DAFTAR PUSTAKA

- As Syakur. 2007. *Sistem Informasi Geografis (SIG)*.
 BPLHD DKI Jakarta (2009) *Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Provinsi DKI Jakarta. Buku 2: Perkiraan Beban Emisi Pencemar Udara*. BPLHD DKI Jakarta.
 Cheng, Yung et. al. *Urban transportation energy and carbon dioxide emission reduction strategies*. Applied Energy 157. 2015. 953-973.

- Darmanto, Nisrina Setyo. 2011. *Analisis Distribusi Pencemar Udara NO₂, SO₂, CO, Pm₁₀, Dan O₃ Di Kota Tangerang Dengan Wrf-Chem*. Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Dollaris, et al. 2013. *Pedoman Penyusunan Inventarisasi Emisi*. KLH. DKI Jakarta.
- Fameli et. al. *Development of a road transport emission inventory for Greece and the Grater Athens Area: Effets of important parameters*. Science of total Environment. 505. 2015.770-780
- Iodice, Paolo et. al. *Air poluttion and air quality state in Italian National Interest Priority Site Part I: the emission inventory*. Energy Procedia 81. 2015. 628-636.
- Noor A, Hadiyah Asma, Asep Sofyan. *Inventarisasi Emisi Pencemaran Udara dan Gas Rumah Kaca di Jabodetabek dengan Menggunakan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis)*. Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Peraturan Pemerintah Kementrian Lingkungan Hidup Indonesia No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.
- Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- Requia, Weeberb et. al. *Spatial distribution of vehicle emission inventories in the Federal*. Atmospheric Environment 112. 2015. 32-39.
- SATURN. 2013. *Simulation Assignment of Traffic in Urban Road Network Manual- Version 11.2-2013*.
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara*. Penerbit ITB. Bandung
- Siami, Lailatus et al. 2015. *Emission Reduction from Implementation of Bus Rapid Transit Corridor 13th in Jakarta*. ETMC 2015. Bandung.
- Wang H, Fu L, Lin X, Zhou Y, Chen J. *A Bottom-Up Methodology to Estimate Vehicle Emission for The Beijing Urban Area*. STOTEN 2011; No of Pages 7.