

PERBANDINGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR ANTARA BUS DAN TRAVEL MINIBUS RUTE SEMARANG – SOLO SAMPAI TAHUN 2040 MENGGUNAKAN SOFTWARE LEAP

*Noviyanto Rahmat Zulem¹, MSK. Tony Suryo Utomo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: noviyanto.rahmatzulem@gmail.com

Abstrak

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor dengan konsumsi bahan bakar yang tinggi dan kebijakan control emisi gas buang yang lemah berdampak negative pada lingkungan. Penelitian ini dirancang untuk memproyeksikan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada bus dan travel minibus rute Semarang – Solo pada tahun 2013-2040 menggunakan software LEAP dengan dua skenario yaitu *business as usual* (BAU). Hasil pengujian menggunakan LEAP menunjukkan jumlah bahan bakar Bus pada tahun 2040 berdasarkan skenario BAU sebesar 1.559.800 Gigajoule atau setara 43.448.467 liter solar dan 609.700 Gigajoule atau setara 16.983.286 liter solar berdasarkan skenario AFE di tahun 2040 atau penghematan bahan bakar sebanyak 39%. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan oleh travel minibus di tahun 2040 menggunakan skenario BAU adalah 1.333.000 Gigajoule atau setara 37.130.919 liter solar dan 1.308.300 juta Gigajoule atau setara 36.442.896 liter solar berdasarkan skenario AFE atau penghematan sebanyak 5%. Emisi gas buang Carbon Dioxide Non Biogenic yang dihasilkan kendaraan jenis Bus dan Travel Minibus pada tahun 2040 dengan skenario AFE turun sebesar 45% dari nilai pada skenario BAU, untuk nilai Carbon Monoxide dan Nitrogen Oxides pada skenario AFE turun sebesar 20% dari skenario BAU.

Kata kunci : advanced fuel economy, business as usual, LEAP, perencanaan energi

Abstract

The increasing number of vehicles with high fuel consumption and weak emission control policies negatively impact the environment. This research designed to projecting comparison of energy consumption of fuel and exhaust emissions on bus and travel minibus route Semarang – Solo on 2013- 2040 using LEAP software with two scenarios, as for these scenarios is business as usual (BAU). Test results using LEAP shows the amount of fuel required bus in 2040 based on the BAU scenario amounted to 1.559.800 Gigajoules or to 43.448.467 liters of diesel fuel and 609.700 Gigajoules or 16.983.286 liters of diesel fuel based on the 2040 AFE scenario or fuel savings up to 39%. The amount of fuel required for travel minibus based on the BAU scenario in 2040 was 1.333.000 Gigajoules or 37.130.919 liters of diesel fuel and 1.308.300 Gigajoules or 37.130.919 liters of diesel fuel based on the 2040 AFE scenario or savings up to 5%. Carbon Dioxide Non Biogenic emissions produced by buses and travel minibus in 2040 for the AFE scenario decreased by 45% compare to BAU scenario, but the value of NO_x and CO in scenario AFE decrease 20% compare to BAU scenario.

Keywords: advanced fuel economy, business as usual, LEAP, energy planning

1. Pendahuluan

Penelitian ini menitikberatkan pada transportasi kota jalan raya yang mendominasi kebutuhan energi guna menggerakkan sarana transportasi untuk memindahkan orang dan barang. Sumber energi yang populer dan dominan digunakan adalah BBM. Sektor transportasi sangat menggantungkan pada jenis BBM ini hingga sekitar 50% dari konsumsi BBM dunia. Transportasi jalan raya mengkonsumsi sekitar 80% dari konsumsi sektor transportasi. Dibandingkan dengan tahun 1990, pada tahun 2000 konsumsi BBM sektor transportasi dunia naik 25% dan diproyeksikan kenaikannya mencapai 90% sampai tahun 2030 [1].

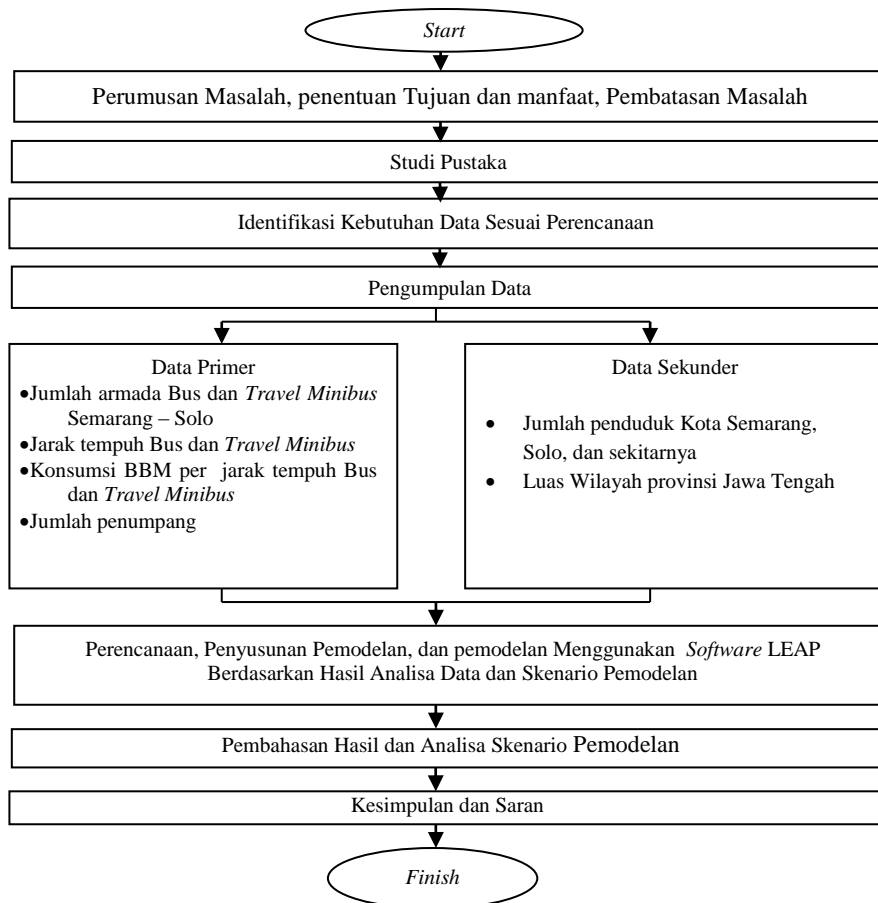
Perangkat lunak LEAP (*Long - range Energy Alternative Planning system*) untuk memprediksi konsumsi bahan bakar untuk kendaraan bus dan travel minibus di Indonesia dari tahun 2013 hingga tahun 2040 dengan dua skenario penurunan konsumsi energi yang dirancang untuk memperkirakan pengurangan konsumsi bahan bakar: (i) *business as usual* (BAU), (ii) *advanced fuel economy* (AFE).

Berdasarkan penelitian ini maka akan didapat prediksi konsumsi bahan bakar kendaraan *Bus* dan *Travel minibus* antara tahun 2013 sampai tahun 2040 dengan mempertimbangkan pertumbuhan jumlah *Bus* dan *Travel minibus* di kota Semarang dan Solo serta jumlah konsumsi bahan bakar dari tahun 2013 sampai tahun 2040. Penelitian ini memproyeksikan kebutuhan bahan bakar *Bus* serta *Travel minibus* berdasarkan penggunaan skenario, membandingkan penghematan bahan bakar terhadap kendaraan *Bus* dan *Travel minibus*, mengetahui emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan *Bus* dan *Travel minibus* dan membandingkan nilai *Carbon Diode Non Biogenic* dan *Nitrogen Oxidies*

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam sebuah penelitian diperlukan diagram alir untuk menggambarkan jalannya proses penelitian mulai dari awal hingga akhir yang telah dilakukan. Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2 Pemodelan Energi Menggunakan Software LEAP

Basis permodelan dalam LEAP adalah antara kebutuhan dengan permintaan *energy* dengan menghitung jumlah pemakaian dan pemasokkan energi di setiap kegiatan dalam kehidupan sehari – hari. Segala bentuk *energy* dapat disimulasikan ke dalam *software* LEAP, sehingga kebutuhan *energy* yang tersedia dapat diproyeksikan hingga jangka waktu yang ditentukan sesuai keinginan.

Dalam *software* LEAP disediakan 4 (empat) modul utama dan 3 (tiga) modul tambahan. Modul utama adalah modul-modul standar yang umum digunakan dalam permodelan energi, yaitu: *Key Assumption*, *Demand*, *Transformation*, dan *Resources*. Modul utama terdiri dari data-dara yang berhubungan langsung dengan nilai energi yang akan diprediksi (dasar memprediksi energi di tahun selanjutnya). Modul tambahan adalah pelengkap untuk modul utama jika diperlukan, yaitu: *Statistical Differences*, *Stock Changes*, dan *Energy Sector Effects* [2].

Simulasi yang dilakukan oleh *software* LEAP adalah menghitung perbandingan konsumsi bahan bakar antara *Bus* dan *Travel Minibus* yang berasumsi pada jarak tempuh, jumlah penumpang, dan kebutuhan bahan bakar setiap kendaraan.

2.3 Perhitungan

Kerangka untuk perhitungan kebutuhan energi dan emisi disajikan sebagai berikut:

2.3.1 Transport Analysis Calculations

Dalam Analisa Transportasi konsumsi energi dihitung sebagai produk dari jumlah kendaraan, rata – rata jarak tempuh tahunan contohnya jarak yang ditempuh dan konsumsi bahan bakar contohnya liter per kilometer.

$$\text{energy consumption} = \text{stock of vehicles} \times \text{annual vehicle mileage} \times \text{fuel economy} \quad (1)$$

2.3.2 Distance-Based Pollution Emissions (Criteria Air Pollutants)

$$Emission_{t,y,p} = Stock_{t,y} \cdot Mileage_{t,y} \cdot EmissionFactor_{t,y,p} \cdot EmDegradation_{t,y-v,p} \quad (2)$$

Dimana P adalah kriteria air pollutant. $Emission Factor$ adalah besaran emisi untuk air pollutant (e.g. grammes/veh-mile) dari kendaraan baru dengan tahun keluaran v . $EmDegradation$ adalah faktor yang mempresentasikan perubahan emisi di faktor emisi untuk pollutant p dengan umur kendaraan tertentu [3].

2.3.3 Energy-Based Emissions (e.g. CO₂ and other Greenhouse Gases)

$$Emission_{t,y,p} = EnergyConsumption_{t,y} \cdot EmissionFactor_{t,y,p} \cdot EmDegradation_{t,y-v,p} \quad (3)$$

2.4 Skenario

Skenario merupakan dasar perhitungan kebutuhan bakar dan emisi dengan melihat kebijakan maupun kemungkinan-kemungkinan yang terjadi pada rentang tahun yang sudah diatur.

2.4.1 Business As Usual (BAU)

Skenario ini mengasumsikan pertumbuhan konsumsi bahan bakar dan emisi sesuai dengan kebijakan dan teknologi yang telah ada pada saat ini tanpa adanya perubahan. Strategi pemerintah yang tersedia diperiksa dan diproyeksikan sampai pada tahun 2040. Penggunaan teknologi yang sama dalam beberapa tahun kemungkinan bisa terjadi hal ini dikarenakan kebijakan penggunaan teknologi yang digunakan suatu negara akan ditentukan oleh pemerintah negara tersebut.

2.4.2 Advanced Fuel Economy (AFE)

Skenario *Advanced Fuel Economy* (AFE) mengasumsikan hal yang sama dengan BAU namun ada penambahan teknologi penghematan bahan bakar diterapkan pada kendaraan bermotor yang beredar. Pada skenario AFE selain kenaikan penjualan kendaraan setiap lima tahun sekali juga diasumsikan ada penghematan dari segi bahan bakar berdasarkan aturan emisi gas buang yang diterapkan pemerintah sebesar 5 % [4].

3. Hasil Dan Analisa

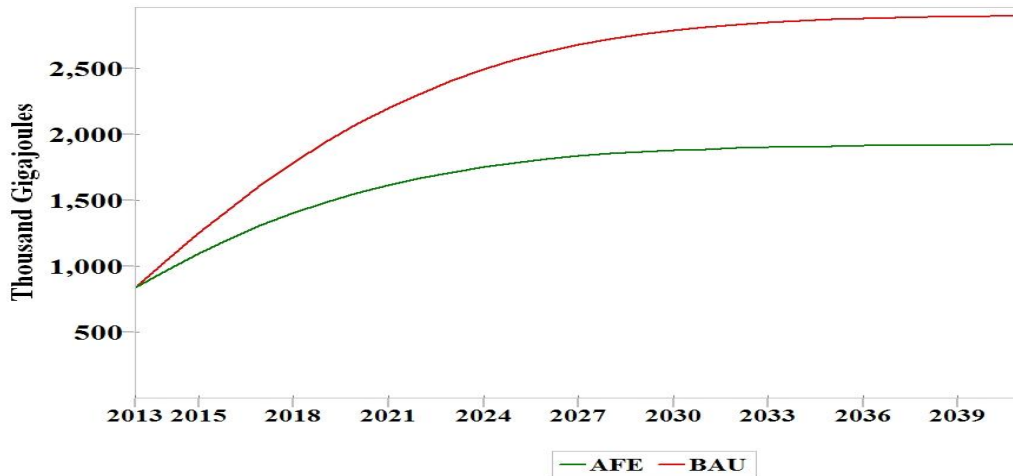
3.1 Proyeksi Hasil Konsumsi Bahan Bakar Bus dan Travel Minibus

Tabel 1. Sampel Per Tahun Penggunaan Energi Berdasarkan skenario *business as usual* dan skenario *Advanced Fuel Economy*

Jenis kendaraan	Tahun									
	2013		2025		2030		2035		2040	
	BAU	AFE	BAU	AFE	BAU	AFE	BAU	AFE	BAU	AFE
BUS	358,2	358	1355,9	589,4	1494,2	603,9	1545	608,1	1559,8	608,1
TRAVEL MINIBUS	477,3	477	1207	1194,4	1293,6	1273,8	1323,9	1300,5	1333	1300,5

*)Dalam satuan juta Gigajoule

Tabel 1 menjelaskan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan Bus pada tahun 2040 berdasarkan skenario *BAU* 156.6 juta *Gigajoule* atau setara 56.191 juta liter solar dan 610.400 *Gigajoule* atau setara 23,284 liter solar berdasarkan skenario *AFE*. Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan travel minibus pada tahun 2040 berdasarkan skenario *BAU* adalah 1,337 juta *Gigajoule* atau setara 37,130 juta liter solar dan 1,312 juta *Gigajoule* atau setara 36,442 juta liter solar berdasarkan skenario *AFE*.



Gambar 2. Grafik Kebutuhan energi dengan metode *business as usual* dan metode *advanced fuel economy* hingga tahun 2040

Gambar 2 menunjukkan perbandingan kebutuhan energi pada skenario *business as usual* dan *advanced fuel economy*. Energi yang dibutuhkan oleh kendaraan transportasi massal ketika menggunakan skenario *business as usual* tampak lebih tinggi dibandingkan dengan ketika menggunakan skenario *advanced fuel economy*. Hal tersebut menjelaskan bahwa dengan menggunakan skenario *advanced fuel economy*, dapat meminimalisir pemborosan energi pada kendaraan transportasi massal. Penghematan energi itulah yang menjadi tujuan dari pembuatan skenario *advanced fuel economy*.

Pada skenario AFE, jumlah penghematan energi bahan bakar pada Bus lebih besar dibandingkan *Travel minibus*. Penggunaan energi Bus sebesar 10% lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan energi bahan bakar *Travel minibus*.

3.2 Proyeksi Perbandingan Emisi Gas Buang

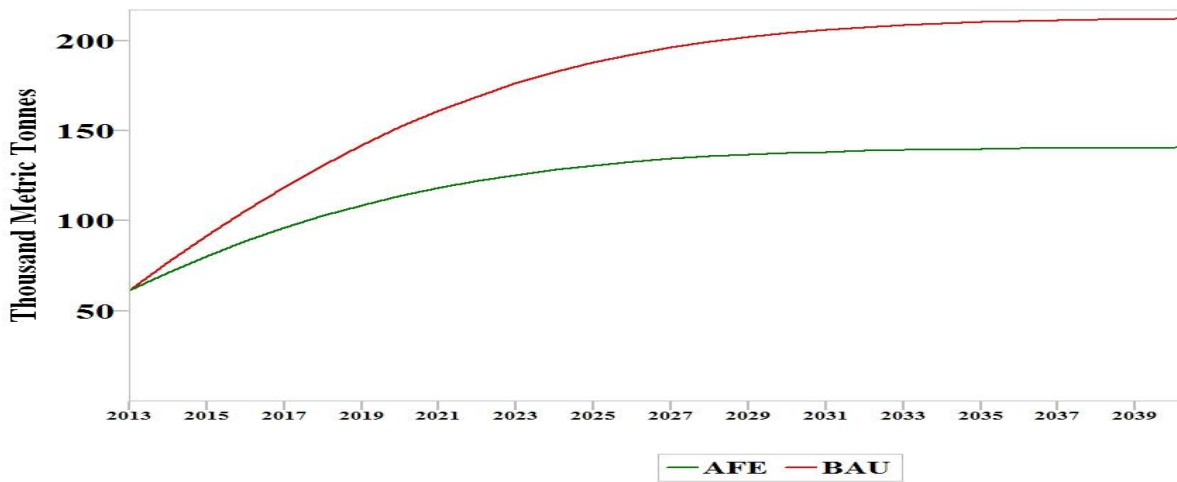
Tabel 2. Hasil Proyeksi Perbandingan Emisi Gas Buang dengan Skenario *Business as Usual (BAU)* dan Skenario *Advanced Fuel Economy (AFE)*

Jenis kendaraan	Tahun											
	2013		2025		2030		2035		2040		2040	
	BAU	AFE	BAU	AFE	BAU	AFE	BAU	AFE	BAU	AFE	BAU	AFE
CO (non-biogenic)	61,3	61,3	187,9	130,8	204,4	137,7	210,4	139,9	212,1	140,6	212,9	141
CO	0,4	0,4	1,3	0,9	1,4	0,9	1,4	1	1,4	1	1,5	1
NOx	0,8	0,8	2,5	1,8	2,8	1,8	2,8	1,9	2,9	1,9	2,9	1,9

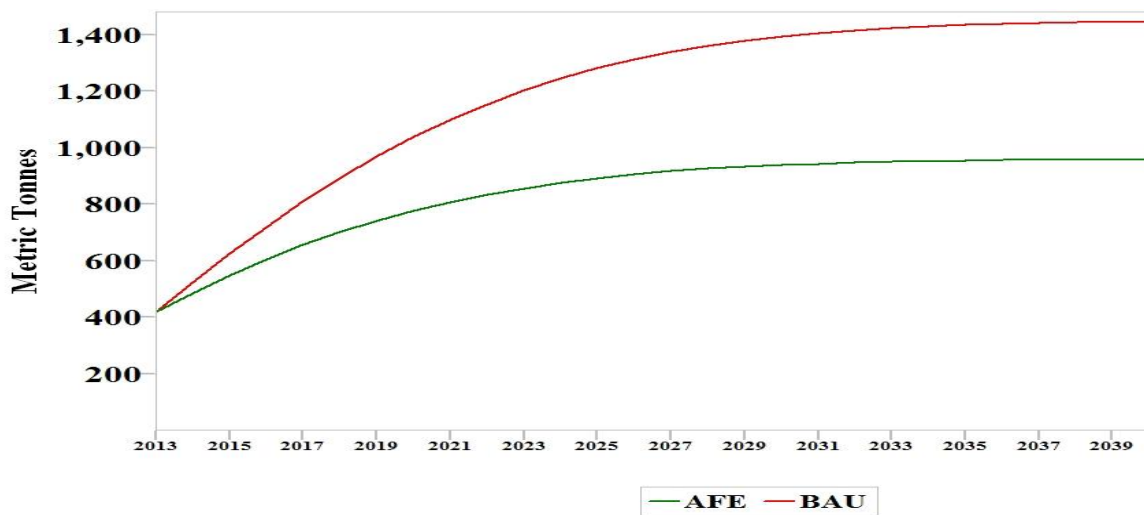
*) Dalam satuan ribu metrik ton

Tabel 2 diatas menjelaskan hasil proyeksi emisi gas buang yang ditimbulkan Bus dan *Travel minibus* pada tahun 2040 berdasarkan skenario BAU adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 212.900 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 1500 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 2900 metrik ton, *Non Methane Volatile Organic Compounds* sebesar 500 metrik ton, dan *methane* dan *nitrous oxide* yang nilainya sangat kecil di bawah 200 metrik ton.

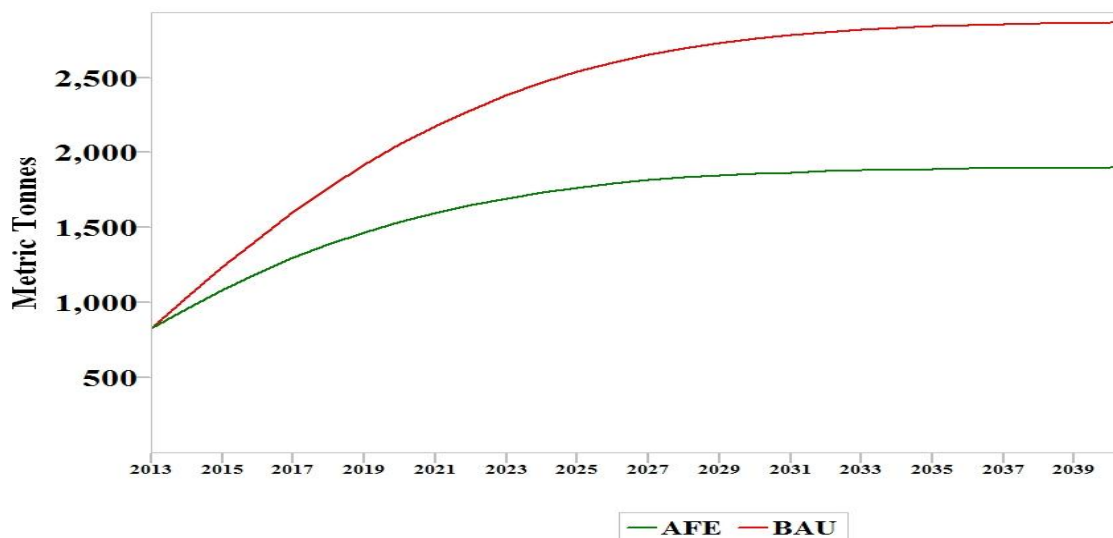
Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 di bawah menunjukkan tentang perbandingan emisi gas buang pada skenario *business as usual* dan *advanced fuel economy*. Emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan transportasi massal ketika menggunakan skenario *business as usual* tampak lebih tinggi dibandingkan dengan ketika menggunakan skenario *advanced fuel economy*.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Emisi *Carbon Dioxide (Non-Biogenic)* pada Skenario *Business as Usual* dengan Skenario *Advanced Fuel Economy*



Gambar 4. Grafik Perbandingan Emisi Gas Buang Jenis *Carbon Monoxide (CO)* pada Skenario *Business as Usual* dan *Advanced Fuel Economy*



Gambar 5. Grafik Perbandingan Emisi Gas Buang Jenis *Nitrogen Oxides (NO_x)* pada Skenario *Business as Usual* dan *Advanced Fuel Economy*

Proyeksi emisi gas buang yang ditimbulkan Bus dan *Travel minibus* untuk skenario *AFE* tahun 2040 adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 141.000 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 1000 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 1900 metrik ton, *Non Methane Volatile Organic Compounds* sebesar 300 metrik ton, sedangkan untuk *methane* dan *nitrous oxide* yang nilainya sangat kecil di bawah 500 metrik ton.

Perbandingan tersebut menjelaskan bahwa dengan menggunakan skenario *advanced fuel economy*, dapat mengurangi polusi udara yang disebabkan oleh zat *Carbon Dioxide (Non-Biogenic)*, *Carbon Monoxide (CO)*, dan *Nitrogen Oxides (NO_x)* yang terkandung pada gas buang kendaraan transportasi massal. Penekanan kadar polusi itulah yang menjadi tujuan dari pembuatan skenario *advanced fuel economy* demi menciptakan lingkungan yang ramah akan polusi.

4. Kesimpulan

- 1) Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan Bus pada tahun 2040 berdasarkan skenario *business as usual* adalah 1.559.800 Gigajoule atau setara 43.448.467 liter solar, dan 609.700 Gigajoule atau setara 16.983.286 liter solar berdasarkan skenario *advanced fuel economy*. Berdasarkan hasil penelitian untuk jenis kendaraan bus adanya penurunan jumlah energi bahan bakar sebesar 39% yang terlihat dari skenario *business as usual* dan skenario *advanced fuel economy*.
- 2) Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan *Travel minibus* pada tahun 2040 berdasarkan skenario *business as usual* adalah 1.333.000 Gigajoule atau setara 37.130.919 liter solar, dan 1.308.300 Gigajoule atau setara 36.442.896 liter solar berdasarkan skenario *advanced fuel economy*. Berdasarkan hasil penelitian untuk jenis kendaraan *travel minibus* penurunan jumlah energi bahan bakar terlihat sebesar 5% yang terlihat dari skenario *business as usual* dan skenario *advanced fuel economy*.
- 3) Pada skenario *AFE*, jumlah penghematan energi bahan bakar pada Bus lebih besar dibandingkan *Travel minibus*. Penggunaan energi armada bus sebesar 45% lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan energi bahan bakar *travel minibus*.
- 4) Emisi gas buang yang ditimbulkan Bus dan *Travel minibus* pada tahun 2040 berdasarkan skenario *business as usual* adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 212.100 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 1400 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 2900 metrik ton, *Non Methane Volatile Organic Compounds* sebesar 500 metrik ton, dan *methane* dan *nitrous oxide* yang nilainya sangat kecil di bawah 200 metrik ton.
- 5) Emisi gas buang yang ditimbulkan Bus dan *Travel minibus* untuk skenario *advanced fuel economy* tahun 2040 adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 140.600 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 1000 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 1900 metrik ton, *Non Methane Volatile Organic Compounds* sebesar 300 metrik ton, sedangkan untuk *methane* dan *nitrous oxide* yang nilainya sangat kecil di bawah 500 metrik ton.
- 6) Untuk nilai *Carbon Dioxide Non Biogenic* pada skenario *AFE* turun sebesar 55 % dari nilai pada skenario *BAU*, sedangkan nilai *Nitrogen Oxides* pada skenario *AFE* nilainya sama dengan *BAU* dan turun 50%.

5. Referensi

- [1]. Rabia, S., Ahmad S.S. , 2010, *Monitoring Urban Transport Air Pollution and Energy Demand in Rawalpindi and Islamabad Using Leap Model*. Energy olicy 35, 2323-2332
- [2]. Sudarmanto, B. , Mudjiastuti, H. , 2012, *Analisis sistem transportasi jalan raya kota Semarang terhadap konsumsi bahan bakar minyak*. Universitas Semarang
- [3]. Winarno, T O. , *LEAP Kajian Perencanaan Energi*. Pusat Kajian Kebijakan Energi, Institut Teknologi Bandung.
- [4]. Gadson, W. ,2009, *Draft regulation impact statement for review of euro light vehicle emission standart*. Departement of infrastucture.transport regional development and local government.