Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 2, Tahun 2014
Online: http://http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtm

ESTIMASI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR PADA KENDARAAN ANGKUTAN UMUM BRT DI SEMARANG SAMPAI TAHUN 2030 MENGGUNAKAN SOFTWARE LEAP

*** M.Yusuf Ridlo[1], MSK Tony Suryo Utomo[2]**
[1]Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
[2]Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059
*E-mail: m.yusuf.ridlo@gmail.com

Abstrak

Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari terutama di bidang transportasi. Penggunaan bahan bakar fosil dan efek emisnya perlu dilakukan manajemen dan estimasi yang tepat. Salah satu sistem transportasi yang memerlukan manjemen dan estimasi adalah sistem transportasi massal (bus rapid trans/BRT). Perencanaan dilakukan dengan software LEAP dengan beberapa skenario, skenario tersebut adalah *business as usual (BAU)*, *alternative energy replacement (AER)*, dan *advanced fuel economy (AFE)*. Hasil dari perencanaan energi didapat jumlah bahan bakar yang dibutuhkan BRT pada tahu 2030 berdasarkan skenario BAU adalah 296.500Gigajoule atau setara 5.930.000 liter solar, berdasarkan skenario AFE 276.400 Gigajoule atau setara 5.528.000 liter solar, berdasarkan skenario AER 103.300 Gigajoule atau setara 2.706.000 liter solar untuk armada berbahan bakar solar dan 20.400 Gigajoule atau setara 59.804,29 liter untuk armada berbahan bakar CNG. Emisi gas buang yang ditimbulkan pada tahun 2030 berdasarkan skenario *BAU adalah Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 21.700 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 100 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 300 metrik ton, *Non Methane Volatile Organic Compounds* sebesar 100 metrik ton, dan *Carbon Monoxide* dan *Non Methane Volatile Organic Compounds* yang nilainya sangat kecil di bawah 6 metrik ton. Sedangkan untuk nilai *Carbon Dioxide Non Biogenic* pada skenario *AFE* turun 6,5 % dibanding skenario BAU,dan 50,7% pada skenario AER, untuk *Nitrogen Oxides* pada skenario *AFE* nilainya sama dengan BAU dan turun 66,7% pada skenario *AER*, sedagkan untuk senyawa lain hampir tidak mengalami perubahan.

Kata kunci: *advance fuel economy*, *alternative energy replacement*, *business as usual,* BRT, *energy planning*, LEAP

Abstract

Fossil fuels are energy sources which are very important in everyday life, especially in the field of transportation. The use of fossil fuels and the effects of emmisions need a right management and estimation. One of the transportation system that requires the Management and estimates are mass transit systems (bus rapid trans / BRT). Planning is done by software LEAP with some scenarios, the scenario is business as usual (BAU), alternative energy replacement (AER , and advanced fuel economy (AFE). The results obtained from energy planning are the amount of fuel needed by the BRT in 2030 which are 296.500 Gigajoule or 5.93 million liters of diesel equivalent for BAU scenario, based on AFE scenario 276 400 Gigajoules or 5.528 million liters of diesel equivalent, and based on AER scenario 103 300 Gigajoules or equivalent 2.706.000 liters of diesel fuel for a fleet of diesel fuel and 20.400 Gigajoules or equivalent 59804.29 liters for CNG fleet. Exhaust emissions generated in 2030 by the BAU scenario are Carbon Dioxide Non-Biogenic of 21,700 metric tons, Carbon Monoxide by 100 metric tons, Nitrogen Oxides by 300 metric tons, Non-Methane Volatile Organic Compounds by 100 metric tons, and Carbon Monoxide and Non Methane Volatile Organic Compounds whose value is very small under 6 metric tons. As for the value of Non Biogenic Carbon Dioxide on AFE scenario down 6.5 % compared to the BAU scenario, and 50.7 % in the AER scenario, for Nitrogen Oxides on AFE scenario is equal to the BAU and down 66.7 % on the AER scenario, sedagkan to other compounds were little changed.

Keyword: *advance fuel economy*, *alternative energy replacement*, *business as usual,* BRT, *energy planning*, LEAP

1. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan kebutuhan manusia sangat berkembang pesat dalam berbagai aspek kehidupan yang ada, dalam upaya pemunuhan kebutuhan manusia diperlukan tingkat mobilitas yang tinggi. Salah satu sarana yang mendukung lancarnya kegiatan manusia itu sendiri adalah alat transportasi. Kota Semarang, seperti kota besar di Pulau Jawa pada umumnya mengalami masalah transportasi yang cukup pelik. Berbagai permasalahan seperti pertumbuhan

jumlah kendaraan yang jauh meninggalkan pertumbuhan jalan, pertumbuhan pusat kegiatan yang tidak seiring dengan peningkatan kapasitas dan pembukaan akses. Selain itu juga penggunaan kendaraan pribadi yang jauh lebih besar daripada kendaraan umum, pelayanan angkutan umum dari sisi kenyamanan yang relatif kurang, dan sebagainya mengakibatkan kemacetan pada beberapa penggal jalan utama dan tingginya tingkat polusi udara [1].

Perkembangan kendaraan pribadi saat ini berpusat pada jumlah kendaraan baik itu mobil maupun sepeda motor. Perkembangan sepeda motor yang beredar dalam kehidupan sehari-hari menurut Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) memberikan keterangan pertumbuhan penjualan sepeda motor yang berada pada posisi nilai yang cukup tinggi, yaitu pada tahun 2012 terdapat penjualan sepeda motor yang menyentuh nilai sebesar 7.064.457 unit, dan pada tahun 2013 diprediksi akan naik menjadi 9,2 juta unit [2], dan menurut data BPS jumlah kendaraan sepeda bermotor pada 2012 jumlah kendaraan yang beredar di Indonesia adalah 92.665.814 unit [3].

Dengan data di atas dapat dilihat masalah baru dalam sistem transportasi, dimana pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang meningkat tanpa adanya keseimbangan dengan pertumbuhan media jalannya, dan penggunaan jumlah kendaraan pribadi juga lebih besar dibandingkan dengan kendaraan umum yang ada [4]. Dalam hal penanggulangan kemacetan dan pengurangan konsumsi BBM ini pemerintah khususnya pemkot merencanakan adanya system transportasi massal, dalam hal ini adalah BRT (Bus Rapid Trans). Dalam rencana pengadaannya BRT akan dibuat dalam 6 koridor yang memiliki jumlah armada minimal 20 unit/koridor [5]. Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan untuk memenuhi kegiatan kendaraan bermotor yang ada dapat dianalisa dan diprediksi dengan menggunaan sebuah software perhitungan seperti halnya yang dilakukan di Cina. Kebutuhan bahan bakar ini dianalisa berdasarkan perkembangan kendaraan bermotor dengan berbagai skenario pendekatan dalam software LEAP. Skenario yang dapat digunakan seperti; business as usual (BAU), advanced fuel economy (AFE), alternative energy replacement (AER) [6].

Berdasarkan pada permasalahan yang ada maka perlu dilakukannya perhitungan dan prediksi kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan oleh BRT Semarang sampai tahun 2030 yang akan datang berdasarkan pada peningkatan jumlah armada bus BRT semarang, penambahan jalur koridor BRT semarang di masa yang akan datang menggunakan *software* LEAP. Tujuan penelitian ini adalah Memprediksi jumlah kebutuhan bahan bakar minyak yang digunakan di dalam kurun waktu sampai 2030 yang akan dating, merencanakan alternatif penghematan bahan bakar yang dapat dilaksanakan dalam beberapa jenis alternatif yang dapat dipilih sesuai kebijakan pemerintah yang ada, memprediksi dampak kebijakan pemerintah terhadap kebutuhan bahan bakar pada BRT di Semarang, dan memprediksi dampak langsung emisi gas buang yang ditimbulkan BRT hingga tahun 2030 berdasarkan *(Technology and Environmental Database)* LEAP.

2. Metodologi Penelitian

Pada Gambar 1 menunjukan alur penilitian mengenai estimasi kebutuhan bahan bakar. Alur penilitian dimualai dengan perumusana masalah, penuntuan judul kemudian pengambialan data , perhitungan dan simulasi dan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan laporan.

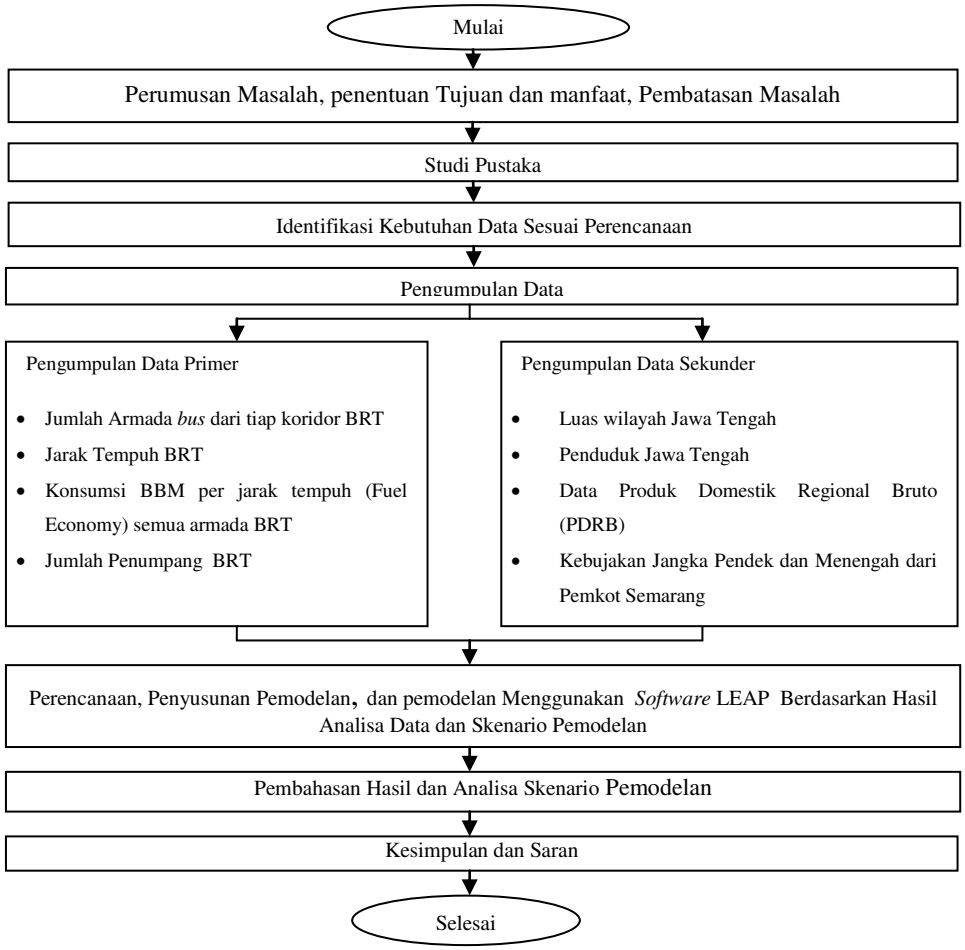
2.1. Pemodelan Energi Menggunakan *Software* LEAP

LEAP adalah alat pemodelan dengan skenario terpadu yang komprehensif berbasis pada lingkungan dan energi. LEAP mampu merangkai skenario untuk berapa konsumsi energi yang dipakai, dikonversi dan diproduksi dalam suatu sistem energi dengan berbagai alternatif asumsi kependudukan, pembangunan ekonomi, teknologi, harga dan sebagainya. Dan LEAP mendukung untuk proyeksi permintaan energi akhir maupun permintaan pada energi yang sedang digunakan secara detail termasuk cadangan energi, transportasi, dan lain sebagainya. LEAP merupakan kerangka akuntansi, di mana pengguna dapat membuat model permintaan dan penawaran berdasarkan statistik permintaan energi[7]. Tahap pemodelan LEAP menggunakan formula perhitungan seperti *interpolasi* atau *extrapolasi*, the *growth rate*, *step fuction*, dan kebutuhan energy yang akan datang dan emisi yang terhitung dari tahun-tahun yang berbeda[8].

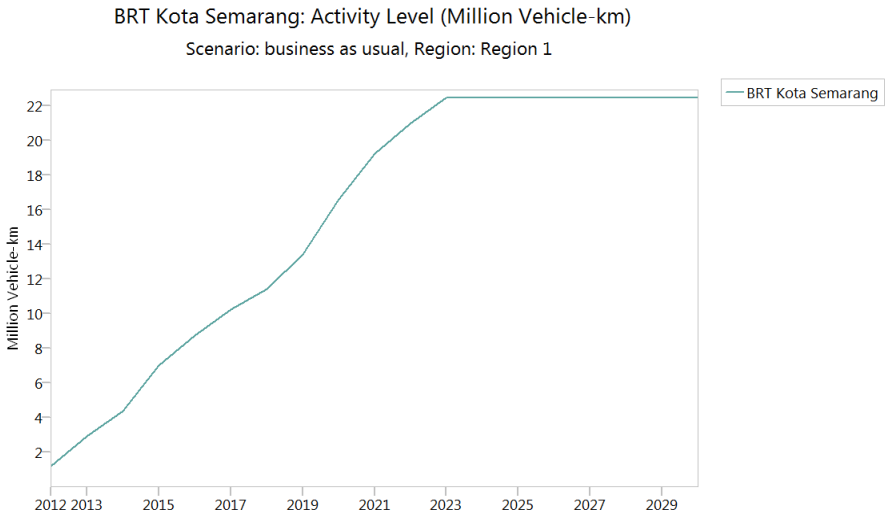
Penelitian ini adalah menganalisa penggunaan energi pada tahun akhir skenario, dimana kebutuhan energi dimodelkan pada level aktivitas dan intensitas energi. Tingkat aktivitas tergantung pada faktor transportasi, seperti jumlah kendaraan, persen share perjalana per kendaran dan kilometer perjalanan kendaraan. Tingkat intensitas energi tergantung pada efisiensi energi kendaraan seperti bahan bakar dalam bentuk fuel economy, emisi kendaraan yang terdapat pada default yang terrsedia pada progam LEAP seuai jenis kendaraan dan faktor emisi, yang tergantung pada teknologi kendaraan dan jenis bahan bakar.

2.2. Kilometer Tempuh BRT

Kilometer tempuh BRT menggunakan data awal base year pada tahun 2012 dan penambahan jarak tempuh BRT menggunakan penambahan armada BRT sehingga menambah jarak tempuh BRT per tahun penambahan seperti pada Gambar 2 tentang prediksi jark tempuh yang mungkin terjadi. Jarak tempuh ini berdasarkan penambahan aramada yang terjadi setipa tahun sampai dengan tahun 2023.



Gambar 1. Bagan Alur (*Flowchart*) Metode Penelitian



Gambar 2. Prediksi penambahan jarak tempuh

2.3. Perhitungan

Kerangka untuk perhitungan kebutuhan energi dan emisi disajikan sebagai berikut:

2.3.1. *Travel Demand*

Permintaan energi dalam transportasi jalan dirumuskan sebagai fungsi dari jumlah kendaraan, jarak rata-rata, proporsi jenis kendaraan dan bahan bakar ekonomi atau efisiensi bahan bakar kendaraan. Jadi, permintaan perjalanan total tingkat sektor diperkirakan sebagai berikut

$$TravelDemand: \sum Vi(t) \times VKTi(t) \times laju\ kepemilikan\ kendaraan \quad \text{.....(1)}$$

dimana, Vi(t) adalah jumlah armada *shuttle bus* per tahun dan VkTi(t) adalah jarak tempuh rata-rata.

2.3.2. *Energy Demand*

Permintaan energi kendaraan yang berkaitan dengan jenis bahan bakar dirumuskan sebagai fungsi dari jumlah mobil, rata-rata kilometer kendaraan melaju dan nilai ekonomi bahan bakar mobil.

$$\sum Vi(t) \times VKTi(t) \times Fi(t) \quad \text{.....(2)}$$

dimana, Vi(t) adalah jumlah armada *shuttle bus* per tahun dan VkTi(t) adalah jarak tempuh rata-rata, Fi(t) adalah *fuel economy shuttle bus.*

2.3.3 *Emmisions*

Emisi kendaraan adalah hasil produk dari setiap jenis permintaan energi dari kendaraan dan faktor emisi.

$$\Sigma Emission t, y, v, p = \Sigma Stock_{t,y,v} \,.\, Mileage_{t,y,v} \,.\, Emission\ Factor_{t,y,p} \,.\, EmDegradation_{t,y\text{-}v,v} \quad \text{....(3)}$$

2.4. Skenario

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

2.4.1 *Business As Usual* (BAU)

Pada skenario *business as usual* (BAU) digunakan jika teknologi yang digunakan tetap pada tahun ini sampai 2030. Pada skenario pertama diasumsikan teknologi yang digunakan oleh armada BRT bertahan pada level yang sekarang tanpa ada perubahan, sehingga nilai konsumsi bahan bakar yang dipakai tidak akan berubah. Namun, jumlah perjalanan, panjang jalur serta jumlah sarana tetap bertambah sampai tahun 2030.

2.4.2 *Advance Fuel Economy* (AFE)

Pada skenario *Advance Fuel Economy* (AFE) digunakan Jika teknologi penghematan bahan bakar diterapkan pada armada bus BRT. Pada skenario penghematan bahan bakar atau sering disebut *Advance Fuel Economy*, konsumsi bahan bakar semakin hemat karena ada peningkatan teknologi konsumsi bahan bakar. Jumlah armada terus bertambah dengan bertambahnya koridor ataupun perpendekan waktu antara dua bus, tetapi konsumsi bahan bakarnya tiap tahun mengalami penurunan dengan naiknya teknologi yang digunakan.

2.4.3 *Alternative Energy Replacement (AER)*

Pada skenario Alternative energy replacement (AER) digunakan Jika ada rencana pengalihan bahan bakar solar ke biosolar ataupun gas. Upaya pengalihan bahan bakar fosil ke bahan bakar biosolar ataupun gas untuk menghemat konsumsi minyak bumi. Hal ini perlu diperhitungkan mengingan di dalam buku biru energi nasional pemerintah akan meningkatkan produksi biosolar 3 juta kiloliter pertahun 2015 dan meningkat lagi 4 juta kiloliter pada tahun 2020 dan 2025.

2.5 *Fuel Economy* BRT

BRT kota semarang terdiri dari dua jenis bus, dua jenis bus ini yang dihitung kebutuhan bahan bakarnya berdasarkan jumlah kilometer tempuh. Jumlah kilometer tempuh ini nantinya digunakan bersama dengan data konsumsi bahan bakar atau disebut *fuel economy* dalam LEAP untuk masing-masing jenis bus dari armada BRT kota Semarang. Pada Tabel 1 ditunjukkan konsumsi BBM untuk masing-masing jenis armada bus yang digunakan BRT kota Semarang.

Tabel 1. *Fuel Economy* BRT

No.	Jenis Mesin	Konsumsi BBM (L/Km)
1	BRT Koridor I (Bus Besar)	0.45
2	BRT Koridor II (Bus Kecil)	0.29

3. Hasil Dan Analisa

3.1 Prediksi Penggunaan Bahan Bakar

3.1.1 Prediksi Penggunaan Bahan Bakar Menggunakan Skenario *Bussiness As Usual*

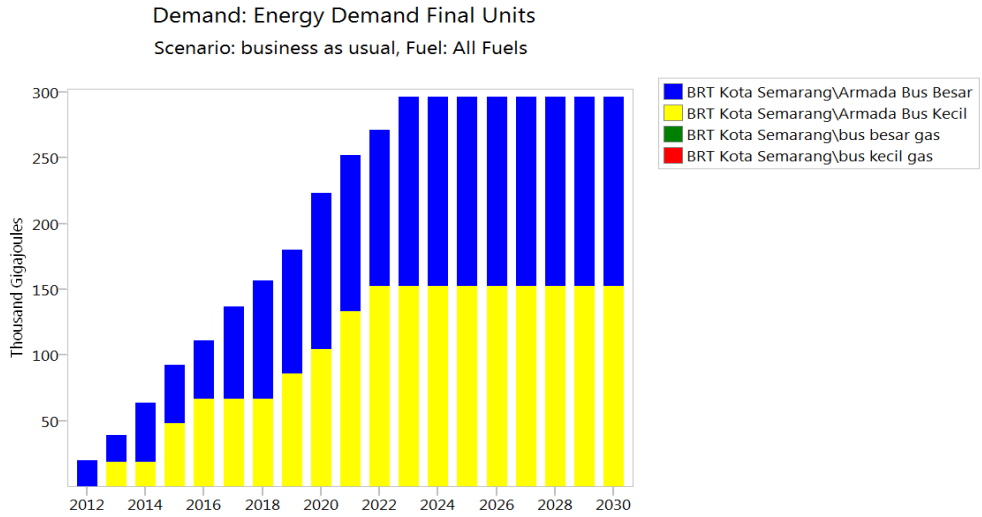
Berdasarkan pada Tabel 2 dapat dilihat peningkatan penggunaan bahan bakar oleh BRT hingga tahun 2030. Peningkatan penggunaan bahan bakar BRT terjadi sampai tahun 2023 dan tidak ada perubahan pada tahun 2024 hingga

tahun 2030, hal in dikarenakan prediksi menggunakan skenario *business as usual* ini hanya memprediksi adanya penambahan jumlah armada dan koridor ini hingga tahun 2023. Penambahan armada yang dilakukan hingga tahun 2023 mengakibatkan adanya peningkatan jumlah energi yang digunakan dari tahun dasar sebesar 20.100 Gigajoule untuk bus besar dan 18.900 Gigajoule untuk bus kecil pada tahun 2013 menjadi 144.100 Gigajoule atau setara 2.882.000 liter untuk armada bus besar dan 152.400 Gigajoule atau setara 3.048.000 untuk armada bus kecil pada tahun 2030. Sehingga jumlah total yang dibutuhkan oleh armada BRT pada tahun 2030 adalah sebesar 296.500 Gigajoule atau setara 5.930.000 liter. Grafik hasil skenario *business as usual* dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 2. Energi yang Digunakan BRT Per Tahun Untuk Beberapa Sampel Berdasarkan Skenario *Business As Usual*

JENIS BUS	TAHUN				Total
	2015	2020	2025	2030	
BRT Kota Semarang\Armada Bus Besar	44,5	118,7	144,1	144,1	451,5
BRT Kota Semarang\Armada Bus Kecil	47,9	104,5	152,4	152,4	457,2
BRT Kota Semarang\bus besar gas	0	0	0	0	0
BRT Kota Semarang\bus kecil gas	0	0	0	0	0
Total	92,3	223,3	296,5	296,5	908,7

*)Dalam satuan ribuan Gigajoule



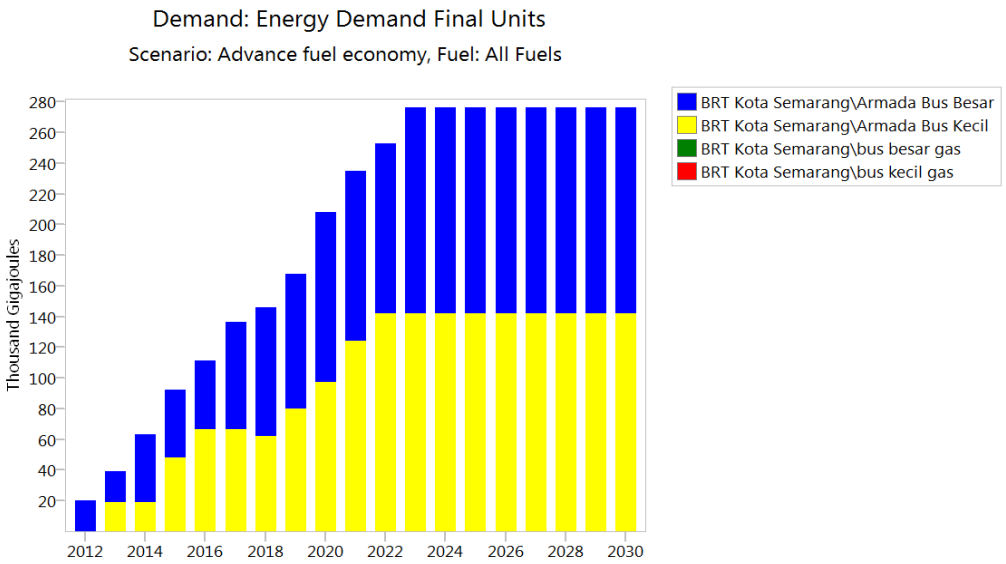
Gambar 3. Grafik penggunaan bahan bakar dengan menggunakan skenario *business as usual* hingga tahun 2030.

3.1.2 Prediksi Penggunaan Bahan Bakar Menggunakan Skenario *Advanced Fuel Economy*

Tabel 3. Energi Yang Digunakan BRT Per Tahun Untuk Beberapa Sampel Berdasarkan skenario *advanced fuel economy*

JENIS BUS	TAHUN				Total
	2015	2020	2025	2030	
BRT Kota Semarang\Armada Bus Besar	44,5	110,8	134,5	134,5	424,4
BRT Kota Semarang\Armada Bus Kecil	47,9	97,3	141,9	141,9	429
BRT Kota Semarang\bus besar gas	0	0	0	0	0
BRT Kota Semarang\bus kecil gas	0	0	0	0	0
Total	92,3	208,1	276,4	276,4	853,3

*)Dalam satuan ribuan Gigajoule



Gambar 4. Grafik penggunaan bahan bakar dengan menggunakan skenario *Advanced fuel economy* hingga tahun 2030.

Berdasarkan pada Tabel 3 dan Gambar 4 dapat dilihat peningkatan penggunaan bahan bakar oleh BRT hingga tahun 2030. Peningkatan penggunaan bahan bakar BRT terjadi sampai tahun 2023 dan tidak ada perubahan pada tahun 2024 hingga tahun 2030, hal in dikarenakan prediksi menggunakan skenario *advanced fuel economy* ini hampir sama dengan skenario *business as usual* dimana memprediksi penambahan dari penambahan jumlah armada, koridor, dan jarak tempuh ini hingga tahun 2022 tetapi pada pengadaan armada lanjutan tahun 2017-2022 tingkat konsumsi bahan bakarnya turun 6% dari pengadaan pertama. Penambahan armada yang dilakukan hingga tahun 2022 mengakibatkan adanya peningkatan jumlah energi yang digunakan dari tahun dasar sebesar 20.100 Gigajoule untuk bus besar dan 18.900 Gigajoule untuk bus kecil pada tahun 2013 menjadi 134.500 Gigajoule atau setara 2.690.000 liter untuk armada bus besar dan 141.900 Gigajoule atau setara 2.838.000 liter untuk armada bus kecil pada tahun 2030, sehingga kebutuhan pada tahun 2030 adalah 276.400 Gigajoule atau setara 5.528.000 liter.

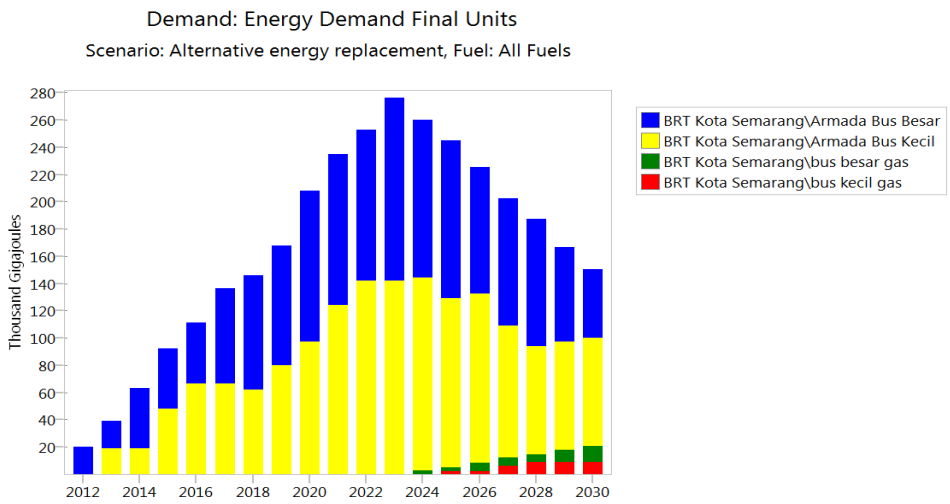
3.1.3 Prediksi Penggunaan Bahan Bakar Menggunakan Skenario *Alternative Energy Replacement*

Berdasarkan pada Tabel 4 dapat dilihat peningkatan penggunaan bahan bakar oleh BRT hingga tahun 2022 dan penurunan bahan bakar yang digunakan setelah penggantian armada BRT yang menggunakan bahan bakar CNG. Peningkatan penggunaan bahan bakar BRT terjadi sampai tahun 2023 hal ini dikarenakan adanya penambahan jumlah armada BRT yang menjadi 240 armada. Penambahan armada yang dilakukan hingga tahun 2023 mengakibatkan adanya peningkatan jumlah energi yang digunakan dari tahun dasar sebesar 20.100 Gigajoule untuk bus besar dan 18.900 Gigajoule untuk bus kecil pada tahun 2013 menjadi 50.600 Gigajoule atau setara 1.012.000 liter untuk armada bus besar, 79.700 Gigajoule atau setara 1.594.000 liter untuk armada bus kecil, 11.700 Gigajoule atau setara 34.821,43 liter untuk armada bus besar gas, dan 8.7000 Gigajoule atau setara 25.982,86 liter untuk armada bus kecil gas pada tahun 2030, sehingga kebutuhan pada tahun 2030 adalah 150.700 Gigajoule atau setara 2.706.000 liter solar dan 59.804,29 LSP (liter setara premium) CNG. Grafik hasil skenario *alternative energy replacement* dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 4. Energi Yang Digunakan BRT Per Tahun Untuk Beberapa Sampel Berdasarkan Skenario *Alternative Energy Replacement*

JENIS BUS	TAHUN				Total
	2015	2020	2025	2030	
BRT Kota Semarang\Armada Bus Besar	44,5	110,8	115,8	50,6	321,7
BRT Kota Semarang\Armada Bus Kecil	47,9	97,3	124,3	79,7	349,2
BRT Kota Semarang\bus besar gas	0	0	2,6	11,7	14,3
BRT Kota Semarang\bus kecil gas	0	0	2,5	8,7	11,2
Total	92,3	208,1	245,2	150,7	696,4

*)Dalam satuan ribuan Gigajoule



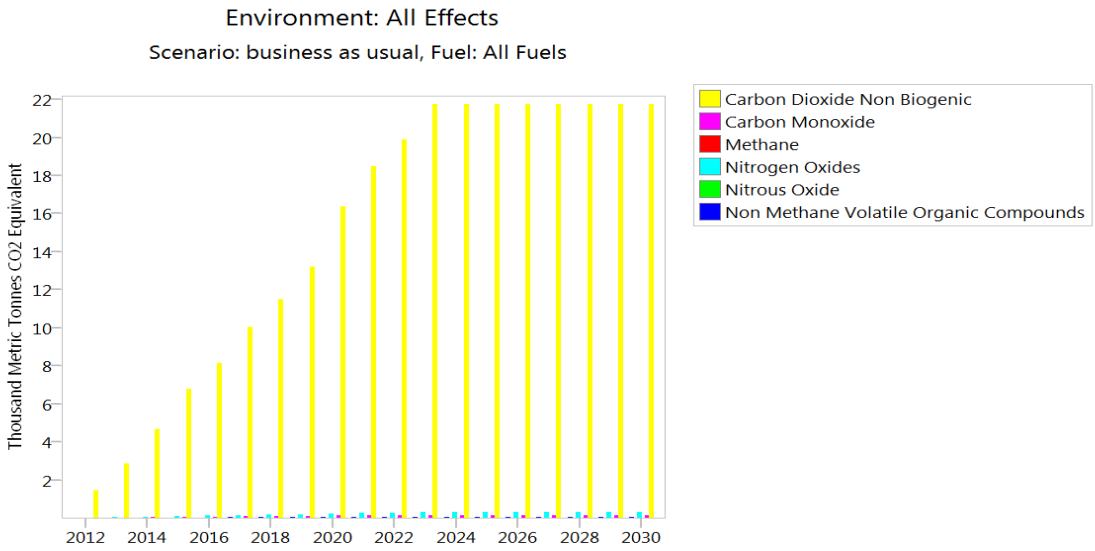
Gambar 5. Grafik penggunaan bahan bakar dengan menggunakan scenario *alternative energy replacement* hingga tahun 2030.

3.2 Prediksi Emisi Gas Buang

Tabel 5. Emisi Gas Buang Per Tahun Untuk Beberapa Sampel Berdasarkan Skenario *Business As Usual*

JENIS EMISI GAS BUANG	TAHUN				Total
	2012	2017	2023	2030	
Carbon Dioxide Non Biogenic	1,5	10	21,7	21,7	55
Carbon Monoxide	0	0,1	0,1	0,1	0,4
Methane	0	0	0	0	0
Nitrogen Oxides	0	0,1	0,3	0,3	0,7
Nitrous Oxide	0	0	0	0	0
Non Methane Volatile Organic Compounds	0	0	0,1	0,1	0,1
Total	1,5	10,2	22,2	22,2	56,2

*)Dalam satuan ribuan metrik ton



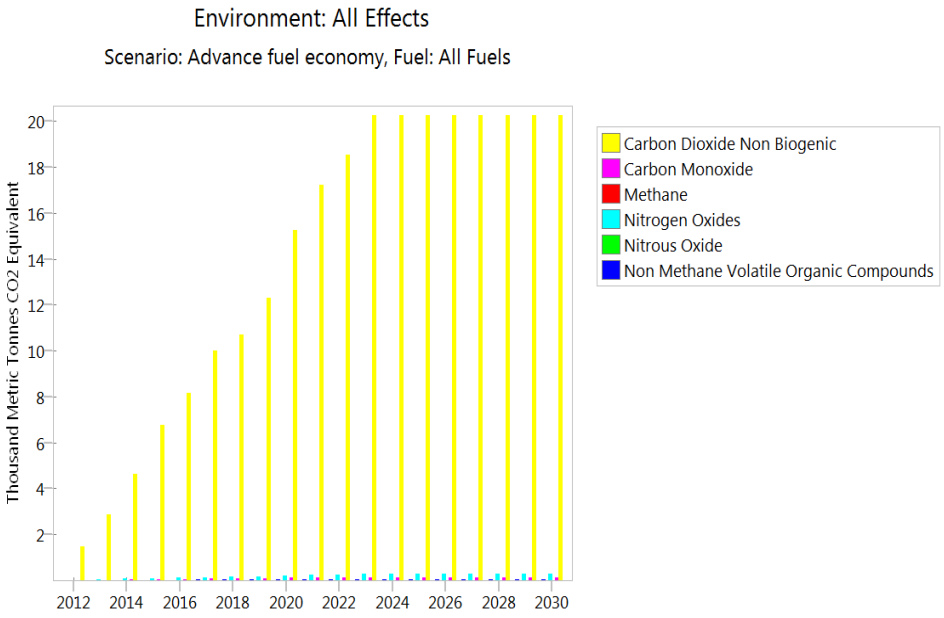
Gambar 6. Emisi gas buang berdasarkan skenario *business as usual*.

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 6 yang merupakan hasil prediksi emisi gas buang yang berdasarkan skenario *business as usual*. Emisi gas buang yang di dapatkan berdasarkan skenario business as usual terdapat trend kenaikan hingga tahun 2023 sesuai dengan skenario yang melakukan penambahan armada sampai 2023. Emisi gas buang yang memiliki nilai yang tinggi pada tahun 2012 adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 1.500 metrik ton, dan *Carbon Monoxide*, *Nitrogen Oxides*, *Non Methane Volatile Organic Compounds*, *Carbon Monoxide* dan *Non Methane Volatile Organic Compounds* yang nilainya sangat kecil di bawah 6 metrik ton. Pada tahun 2030 emisi gas buang yang terjadi adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 21.700 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 100 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 300 metrik ton, *Non Methane Volatile Organic Compounds* sebesar 100 metrik ton, dan *methane* dan *nitrous oxide* yang nilainya sangat kecil di bawah 6 metrik ton.

Tabel 6. Emisi Gas Buang Per Tahun Untuk Beberapa Sampel Berdasarkan Skenario *Advanced Fuel Economy*

JENIS EMISI GAS BUANG	TAHUN				Total
	2012	2017	2023	2030	
Carbon Dioxide Non Biogenic	1,5	10	20,3	20,3	52
Carbon Monoxide	0	0,1	0,1	0,1	0,4
Methane	0	0	0	0	0
Nitrogen Oxides	0	0,1	0,3	0,3	0,7
Nitrous Oxide	0	0	0	0	0
Non Methane Volatile Organic Compounds	0	0	0	0	0,1
Total	1,5	10,2	20,7	20,7	53,2

*)Dalam satuan ribuan metric ton



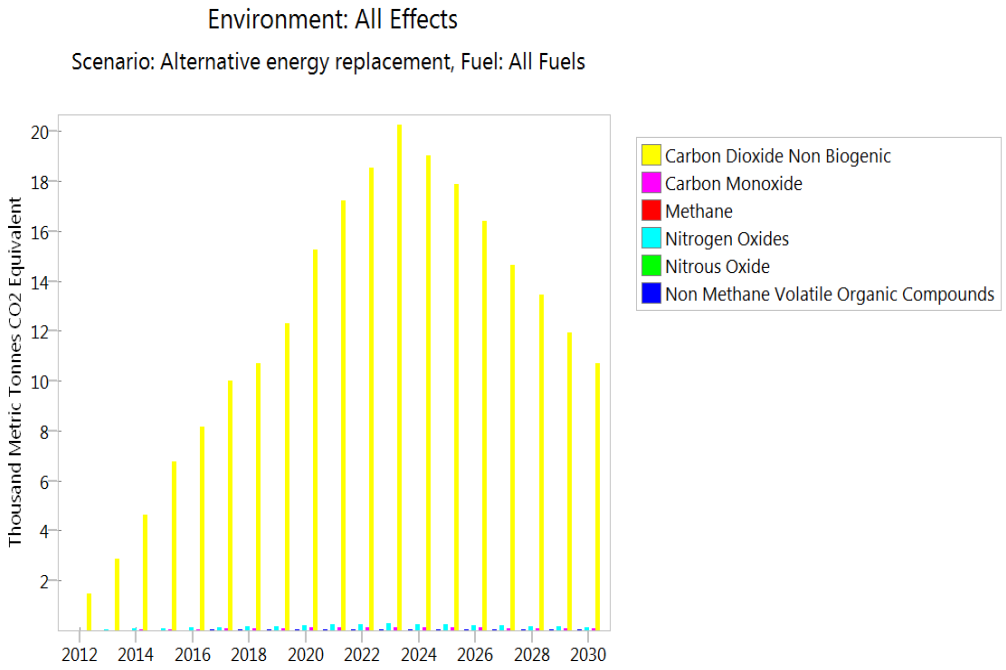
Gambar 7. Emisi gas buang berdasarkan skenario *advanced fuel economy*.

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 7 yang merupakan hasil prediksi emisi gas buang yang berdasarkan skenario *advanced fuel economy*. Emisi gas buang yang di dapatkan berdasarkan skenario *business as usual* terdapat trend kenaikan hingga tahun 2023 sesuai dengan skenario yang melakukan penambahan armada sampai 2023, tetapi tingkat teknologi meningkat mulai tahun 2018 sampai 2023. Emisi gas buang yang memiliki nilai yang tinggi adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 1.500 metrik ton, dan tahun 2030 emisi gas buang yang terjadi adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 20.300 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 100 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 300 metrik ton, sedangkan untuk *Non Methane Volatile Organic Compounds, methane* dan *nitrous oxide* yang nilainya sangat kecil di bawah 6 metrik ton

Tabel 7. Emisi Gas Buang Per Tahun Untuk Beberapa Sampel Berdasarkan Skenario *Alternative Energy Replacement*

JENIS EMISI GAS BUANG	TAHUN					Total
	2012	2017	2023	2024	2030	
Carbon Dioxide Non Biogenic	1,5	10	20,3	19	10,7	61,5
Carbon Monoxide	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
Methane	0	0	0	0	0	0
Nitrogen Oxides	0	0,1	0,3	0,3	0,1	0,8
Nitrous Oxide	0	0	0	0	0	0
Non Methane Volatile Organic Compounds	0	0	0	0	0	0,1
Total	1,5	10,2	20,7	19,5	10,9	62,9

*)Dalam satuan ribuan metrik ton



Gambar 8. Emisi gas buang berdasarkan skenario *alternative energy replacement*

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 8 yang merupakan hasil prediksi emisi gas buang yang berdasarkan skenario *alternative energy replacement*. Emisi gas buang yang di dapatkan berdasarkan skenario *business as usual* terdapat *trend* kenaikan hingga tahun 2023 sesuai dengan skenario yang melakukan penambahan armada sampai 2023, tetapi tingkat teknologi meningkat mulai tahun 2018 sampai 2023. Skenario *alternative energy replacement* ini terdapat penggantian bahan bakar yang mulanya menggunakan solar menjadi CNG sehingga terdapat penurunan konsumsi bahan bakar maupun emisi gas buang. Hasil yang di dapat adalah pada tahun dasar terdapat emisi gas buang yang memiliki nilai yang tinggi adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 1.500 metrik ton, dan tahun 2023 emisi gas buang yang terjadi adalah *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 20.300 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 100 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 300 metrik ton, sedangkan untuk *Non Methane Volatile Organic Compounds*, *methane* dan *nitrous oxide* yang nilainya sangat kecil di bawah 6 metrik ton.

4. Kesimpulan

1) Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan BRT pada tahu 2030 berdasarkan skenario *bussiness as usual* adalah 296.500 Gigajoule atau 5.930.000 setara liter solar, dan 276.400 Gigajoule atau 5.528.000 setara liter solar berdasarkan skenario *advanced fuel economy*. Berdasarkan skenario *alternative energy replacement* sebesar 103.300 Gigajoule atau setara 2.706.000 liter solar untuk memenuhi sebesar 58.4% armada BRT yang menggunakan bahan bakar solar dan 20.400 Gigajoule atau setara 59.804,29 liter CNG untuk memenuhi sebesar 41.6% armada BRT yang menggunakana bahan bakar CNG
2) Alternatif bahan bakar yang dapat digunakan adalah CNG *(Compressed Natural Gas)* karena bahan bakar ini tersedia banyak di Indonesia.
3) Emisi gas buang yang ditimbulkan pada tahun 2030 berdasarkan skenario *BAU adalah Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 21.700 metrik ton, *Carbon Monoxide* sebesar 100 metrik ton, *Nitrogen Oxides* sebesar 300 metrik ton, *Non Methane Volatile Organic Compounds* sebesar 100 metrik ton, dan *Carbon Monoxide* dan *Non Methane Volatile Organic Compounds* yang nilainya sangat kecil di bawah 6 metrik ton. Sedangkan untuk nilai *Carbon Dioxide Non Biogenic* pada skenario *AFE* turun 6,5 % dibanding skenario BAU,dan 50,7% pada skenario AER, untuk *Nitrogen Oxides* pada skenario *AFE* nilainya sama dengan BAU dan turun 66,7% pada skenario *AER*, sedagkan untuk senyawa lain hampir tidak mengalami perubahan.

5. Refferensi

[1] Analisis kebijakan persaingan dalam industri angkutan darat indonesia. Koisi pengawasan persaingan usaha 2009 *(*www.kppu.go.id/docs/Positioning_Paper/positioning_paper_busway.pdf*)* (diakses tanggal 5 Maret 2013)
[2] Penjualan kendaraan bermotor di Indonesia.www.aisi.or.id (diakses tanggal 5 Maret 2013)
[3] Perkembangan kendaraan bermotor menurut jenis tahun 1987-2012 http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1 & daftar=1&id_subyek=17&notab=12 (diakses tanggal 5 Maret 2013)
[4] semarang.butuh.pembenahan.transportasi http://regional.kompas.com/read/2009/03/16/22453036/semarang.butuh.pembenahan.transportasi. (diakses tanggal 5 Maret 2013)
[5] RTRW kota semarang 2011-2031.2011. Bappeda Kota Semarang (http://bappeda.semarang.go.id/v2/wp-content/uploads/2012/12/Perda-Kota-Semarang-Nomor-14-Tahun-2011.pdf)
[6] Qingyu, Z, Tian, W, Zhang, L., 2010. Fuel consumption from vehicle of china until 2030 in energy scenario. Energy Policy 38, 6860-6867
[7] *LEAP User Guide 2006*. Dokumen Teknis, Stockholm Environment Institute, Stockholm, 2006
[8] Rabia, Shabbir, Sheikh, S.A.2010. Monitoring urban transport air pollution and energy demand in Rawalpindi and Islamabad using leap model. Energy policy 35, 2323-2332