

ESTIMASI KONSUMSI SOLAR UNTUK TRUK MIXER DI PT JOKOTOLE TRANSPORT SUB-STATION BALI SAMPAI TAHUN 2040 MENGGUNAKAN SOFTWARE LEAP

* Agus Faisal Hadi¹, 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: agusfaisalhadi@gmail.com

Abstrak

Bahan Bakar Minyak (BBM) masih merupakan sumber energi utama dalam sektor industri dan transportasi. Penghematan energi menjadi pekerjaan rumah pemerintah, pada sektor transportasi konsumsi energi mulai dibatasi penggunaannya. Sama halnya dengan kendaraan berat, contohnya adalah truk mixer. Truk ini berfungsi membawa beton ready mix dari batching plant ke tempat dimana proyek bangunan sedang dikerjakan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan penelitian tentang estimasi konsumsi solar Truk *Mixer* pada PT Jokotole Transport *Sub-Section* Bali sampai tahun 2040. Penulis dalam meramal konsumsi bahan bakar ini menggunakan software LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning System*) dimana penulis menggunakan 2 skenario yaitu *Business as Usual* (BAU) dan *Advanced Fuel Economy* (AFE) serta memproyeksikan emisi dari Truk *Mixer* tersebut. Jumlah solar yang dibutuhkan Truk *Mixer* pada tahun 2040 berdasarkan skenario BAU adalah 79.171 *Barrel of Oil Equivalent* atau setara 12.587.199,34 liter solar. Dan berdasarkan skenario AFE, konsumsi solar yang dibutuhkan adalah 66.899 *Barrel of Oil Equivalents* atau setara 10.636.104,74 liter solar. Emisi gas buang yang dihasilkan truk *mixer* pada tahun 2040 berdasarkan skenario BAU untuk *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 33.732 *gramme per kilowatt-hour*. Emisi gas buang yang lain seperti *Carbon Monoxide* sebesar 40.792.797 *gramme per kilowatt-hour* dan *Nitrogen Oxides* sebesar 86.572.801 *gramme per kilowatt-hour*. Sedangkan pada skenario AFE, untuk *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 28.504 *gramme per kilowatt-hour*. Emisi gas buang yang lain seperti *Carbon Monoxide* 34.469.696 *gramme per kilowatt-hour*, *Nitrogen Oxides* 73.153.556 *gramme per kilowatt-hour*. Untuk tahun 2040 nilai *Carbon Dioxide Non Biogenic*, *Carbon Monoxide* dan *Nitrogen Oxides* pada skenario AFE semuanya turun sebesar 15,55 % dari nilai pada skenario BAU.

Kata kunci : *Advanced Fuel Economy, Business as Usual, LEAP, Perencanaan energi, Truk mixer*

Abstract

Fuel (BBM) is still the main source of energy in the industrial and transportation sectors. Energy savings into government homework, in the transport sector energy consumption began to be restricted its use. Similarly, heavy vehicles, for example, is a truck mixer. This truck serves bring ready mix concrete batching plant from the spot where the building project is being worked on. Therefore, in this final project will be carried out research on the estimated consumption of diesel truck mixer on PT Jokotole Transport sub-section Bali until 2040. The author in predicting fuel consumption using software LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System) in which the author using two scenarios, namely Business as Usual (BAU) and Advanced Fuel Economy (AFE) and projecting emissions from the mixer truck. The amount of diesel fuel needed mixer truck in 2040 based on BAU scenario is 79.171 Barrel of Oil Equivalent or equivalent 12.587.199,34 liters of diesel. And based on the scenario of AFE, diesel consumption is needed 66.899 barrels of oil equivalents or equivalent 10.636.104,74 liters of diesel. Exhaust emissions produced by the truck mixer in 2040 based on the BAU scenario for Carbon Dioxide Non Biogenic is 33.732 Gramme per kilowatt-hour. Other exhaust emissions such as Carbon Monoxide is 40.792.797 Gramme per kilowatt-hour and Nitrogen Oxides is 86.572.801 Gramme per kilowatt-hour. While the AFE scenario, for Carbon Dioxide Non Biogenic is 28.504 gramme per kilowatt-hour. Other exhaust emissions such as Carbon Monoxide is 34.469.696 gramme per kilowatt-hour, Nitrogen Oxides is 73.153.556 gramme per kilowatt-hour. For the year 2040 the value of Carbon Dioxide Non Biogenic, Carbon Monoxide and Nitrogen Oxides in AFE scenario all fell by 15.55% of the value of the BAU scenario.

Keywords : *Advanced Fuel Economy, Business as Usual, Energy Planning, LEAP, Mixer truck.*

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak lepas dari kebutuhan akan bahan bakar. Bahan bakar merupakan senyawa kimia yang dapat menghasilkan energi melalui perubahan kimia. Dalam pengertian umum energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Energi dihasilkan oleh sumber energi secara langsung maupun melalui proses konversi. Energi yang berada di alam sangatlah banyak dan beraneka ragam serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan peralatan mekanik maupun elektronik. Salah satu fungsi energi adalah sebagai materi bahan bakar [1]. Salah satu sektor yang membutuhkan energi minyak bumi untuk menjalankannya adalah sektor transportasi, sebagian besar masih menggunakan *Motor Gasoline* (Bensin) dan *Automotive Diesel Oil* (Solar) meskipun mulai banyak wacana bahwa kendaraan transportasi akan beralih ke mode *hybrid*.

Ketersediaan energi merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Ketersediaan energi tersebut mempengaruhi cara manusia mengolah bahan menjadi hasil produksi dan transportasi. Beberapa tahun terakhir kebutuhan akan kendaraan di Indonesia meningkat 10-15%. Ini tidak terjadi terhadap kendaraan penumpang saja kendaraan niaga jenis pikap dan truk tahun lalu mencapai 270.205 unit. Permintaan kendaraan jenis ini juga dapat dipastikan akan meningkat dari tahun ke tahun [2]. Tak terkecuali kebutuhan Truk Mixer di Indonesia yang semakin tahun semakin meningkat karena meningkatnya pembangunan di berbagai sektor.

Sektor konstruksi adalah pemeran utama dalam pembangunan infrastruktur di suatu daerah. Tidak hanya terkait pembangunan berskala besar, rumah tinggal pun merupakan output yang dihasilkan oleh sektor ini. Pembangunan di Bali dalam beberapa warsa terakhir lebih dikaitkan sebagai bagian dari pembangunan pariwisata. Pembangunan hotel dan restoran adalah salah satu bentuk langsung jangka pendek dari pembangunan pariwisata itu sendiri, sementara dalam jangka panjang pembangunan perumahan serta infrastruktur lain seperti jalan raya adalah bagian yang tidak terpisahkan sebagai salah satu syarat pembangunan berkelanjutan. Sektor ini merupakan salah satu sektor yang banyak mengkonsumsi energi, lebih khususnya penggunaan alat-alat berat, contohnya Truk *Mixer* yang berfungsi mengangkut beton *ready mix* dari *batching plant* menuju tempat proyek.

Karena tingginya harga bahan bakar minyak baru-baru ini, berbagai studi penelitian dan perencanaan yang berkaitan dengan bahan bakar untuk kendaraan bermotor banyak dikembangkan. Hal ini penting guna mengembangkan rencana pengelolaan yang optimal. Dalam beberapa tahun terakhir, kendaraan bermotor semakin memberikan kontribusi terhadap emisi polusi udara. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor dengan konsumsi bahan bakar yang tinggi dan kebijakan kontrol emisi yang lemah akan berdampak pada lingkungan di masa yang akan datang. Untuk memperkirakan tingkat emisi pencemaran udara dari kendaraan bermotor dapat menggunakan faktor emisi berbasis bahan bakar, perlu ditetapkan metode kepemilikan kendaraan, proyeksi harga bahan bakar, dan perkiraan tingkat konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor [3].

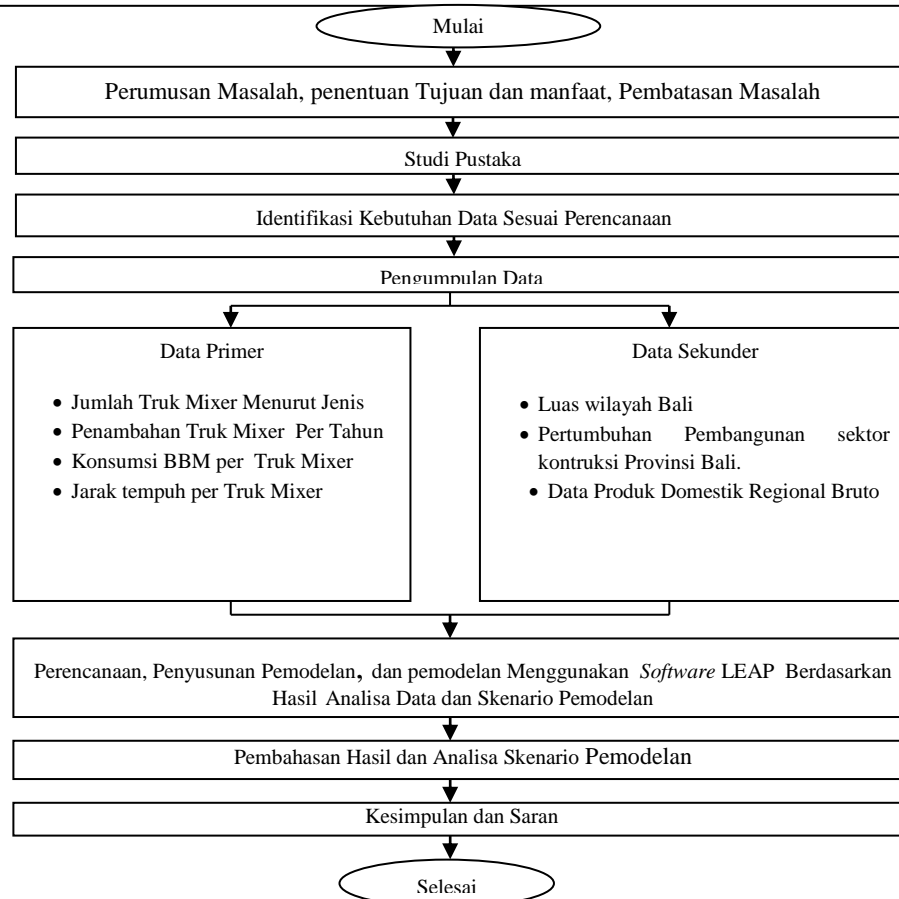
Pada penelitian ini digunakan software atau perangkat lunak LEAP (*Long - range Energy Alternative Planning system*) untuk memprediksi konsumsi solar untuk truk mixer di PT Jokotole Transport *sub-section* Bali dari tahun 2014 hingga tahun 2040 dengan dua skenario penurunan konsumsi energi yang dirancang untuk memperkirakan pengurangan konsumsi bahan bakar: (i) *Business as usual* (BAU), (ii) *Advanced fuel economy* (AFE).

Berdasarkan penelitian ini maka akan didapat prediksi konsumsi solar untuk truk mixer di PT Jokotole Transport *sub-section* Bali antara tahun 2014 sampai tahun 2040 dengan mempertimbangkan berdasarkan pertumbuhan jumlah Truk *mixer* di PT Jokotole Transport serta jumlahnya dari tahun 2012 serta konsumsi solar untuk Truk *mixer* sampai dengan tahun 2040. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan perangkat lunak LEAP untuk memprediksi jumlah konsumsi solar untuk Truk *mixer* dari tahun 2012 sampai tahun 2040, mengetahui emisi gas buang *Carbon Monoxide*, *Nitrogen Oxides* dan *Dioxide Non Biogenic* yang dihasilkan oleh kendaraan di Indonesia dari prediksi konsumsi solar untuk Truk *mixer* di PT Jokotole Transport *sub-section* Bali dari tahun 2012 sampai tahun 2040 berdasarkan (*Technology and Environmental Database*) LEAP.

LEAP (*Long - range Energy Alternative Planning system*) adalah suatu perangkat lunak Windows yang berbasis untuk menganalisis energi dan kebijakan lingkungan. Hal ini banyak digunakan untuk perencanaan energi terpadu [4]. Berdasarkan uraian dan studi literatur yang telah dijelaskan diatas, maka dari itu betapa pentingnya analisa kebutuhan energi untuk transportasi darat sebagai pembelajaran untuk menghadapi kebutuhan bbm di masa mendatang. Dari penelitian ini dihasilkan model yang bermanfaat untuk basis pengambilan keputusan dan kebijakan nasional. Penelitian ini bermaksud membantu membuat estimasi konsumsi solar untuk Truk *Mixer* di PT Jokotole Transport *Sub-section* Bali berdasarkan jumlah kendaraan dan jarak tempuhnya.

2. Metodologi Penelitian

Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang dibuat oleh penulis mengenai estimasi kebutuhan solar pada Truk Mixer *Sub-section* Bali. Alur penelitian dimulai dengan perumusan masalah, penentuan judul, serta pembatasan masalah. Perlu dilakukan studi pustaka dengan mencari beberapa referensi yang berkaitan guna validasi hasil. Kemudian pengambilan data yang dilakukan di PT Jokotole Transport di Surabaya, perhitungan dan simulasi untuk memproyeksikan kebutuhan solar sampai tahun 2040 menggunakan *software* LEAP dan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan laporan. Sehingga didapatkan beberapa kesimpulan untuk kebutuhan solar serta proyeksi emisi gas buang *Carbon monoxide*, *Carbon monoxide non biogenic* dan *Nitrogen oxide* sampai tahun 2040.



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

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. Di dalam LEAP terdapat database Teknologi dan Lingkungan *Database* (TED) berisi data mengenai biaya, kinerja dan faktor emisi lebih dari 1000 teknologi energi [5]. Permintaan energi yang akan disimulasikan adalah kebutuhan bahan bakar untuk Truk *Mixer* di PT Jokotole Transport sesuai dengan jumlah, konsumsi solar dan jarak tempuh per tahunnya.

2.2 Jumlah Truk *Mixer* PT Jokotole Transport *Sub-section* Bali

Jumlah Truk *Mixer Sub-section* Bali pada tahun 2014 digunakan sebagai jumlah kendaraan pada *base year* dan penambahan truk berdasarkan jumlah truk dari tahun 2012 adalah 6 truk pertahunnya seperti yang ditunjukkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 1. Jumlah Truk *Mixer* Jokotole Transport *sub-section* Bali tahun 2012

No.	TM / No. Pintu	No.	TM / No. Pintu
1	895	9	894
2	892	10	887
3	899	11	886
4	900	12	891
5	897	13	893
6	885	14	890
7	898	15	884
8	896		
Jumlah		15 Truk	

Tabel 2. Jumlah Truk *Mixer* Jokotole Transport *sub-section* Bali tahun 2013

No.	TM / No. Pintu	No.	TM / No. Pintu
1	891	12	552
2	886	13	972
3	884	14	973
4	551	15	892
5	900	16	889
6	890	17	977
7	894	18	896
8	893	19	970
9	885	20	899
10	887	21	895
11	897		
Jumlah		21 Truk	

Tabel 3. Jumlah Truk *Mixer* Jokotole Transport *sub-section* Bali tahun 2014

No.	TM / No. Pintu	No.	TM / No. Pintu
1	884	15	899
2	885	16	900
3	886	17	970
4	887	18	971
5	889	19	972
6	890	20	973
7	891	21	976
8	892	22	977
9	893	23	878
10	894	24	979
11	895	25	980
12	896	26	551
13	897	27	552
14	898		
Jumlah		27 Truk	

2.3 Konsumsi Solar Truk *Mixer* PT Jokotole Transport *Sub-section* Bali

Tabel 4 dibawah ini adalah data konsumsi Solar Truk *Mixer* PT Jokotole Transport *Sub-section* Bali selama 1 tahun dari bulan Juli 2013 – Juni 2014.

Tabel 4. Data Konsumsi Solar Truk *Mixer*

No.	Bulan	Tahun	Total Konsumsi BB (L)
1	Juli	2013	36875
2	Agustus	2013	15680
3	September	2013	27715
4	Oktober	2013	20179
5	November	2013	22276

No	TM / No. Pintu	No.	TM / No. Pintu
6	Desember	2013	17033
7	Januari	2014	20809
8	Februari	2014	18165
9	Maret	2014	19981
10	April	2014	11507
11	Mei	2014	10637
12	Juni	2014	14008
Total			234.865

2.4 Jarak Tempuh Truk Mixer PT Jokotole Transport Sub-section Bali

Tabel 5 dibawah ini adalah Jarak tempuh Truk Mixer PT Jokotole Transport Sub-section Bali selama 1 tahun dari bulan Juli 2013 – Juni 2014.

Tabel 5. Data Jarak Tempuh Truk Mixer

No.	Bulan	Tahun	Jarak Tempuh (Km)
1	Juli	2013	125.375
2	Agustus	2013	48.717,77
3	September	2013	85.850,89
4	Oktober	2013	58.930,37
5	November	2013	78.461,93
6	Desember	2013	65.754,38
7	Januari	2014	59.826,39
8	Februari	2014	50.856,19
9	Maret	2014	65.072,63
10	April	2014	36.015,67
11	Mei	2014	33.435,80
12	Juni	2014	43.654,58
Total			626.701,975

2.5 Perhitungan

Kerangka untuk perhitungan kebutuhan energi dan emisi disajikan sebagai berikut:

2.5.1 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.

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

2.5.2 Distance-Based Pollution Emissions (Criteria Air Pollutants)

$$\text{Emission}_{t,y,p} = \text{Stock}_{t,y} \cdot \text{Mileage}_{t,y} \cdot \text{EmissionFactor}_{t,y,p} \cdot \text{EmDegradation}_{t,y-v,p} \quad (2)$$

Dimana P adalah kriteria air pollutant. EmissionFactor 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 factor emisi untuk pollutant p dengan umur kendaraan tertentu.

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

$$\text{Emission}_{t,y,p} = \text{EnergyConsumption}_{t,y} \cdot \text{EmissionFactor}_{t,y,p} \cdot \text{EmDegradation}_{t,y-v,p} \quad (3)$$

2.6 Skenario

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

2.6.1 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. Penggunaan teknologi pada kendaraan disuatu negara berbeda-beda seperti halnya penggunaan standar Euro 2 di Indonesia baru dimulai tahun 2003 sedangkan di Eropa sudah menggunakan sejak tahun 1996 [6].

2.6.2 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 *advanced fuel economy* 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 % [7]. Peningkatan efisiensi dalam penelitian ini dibuat dalam rentang tahun berdasarkan skenario emisi gas buang yaitu tahun 2015 untuk euro 3, tahun 2020 untuk euro 4, tahun 2030 untuk euro 5 dan tahun 2040 untuk euro 6.

3. Hasil Dan Analisa

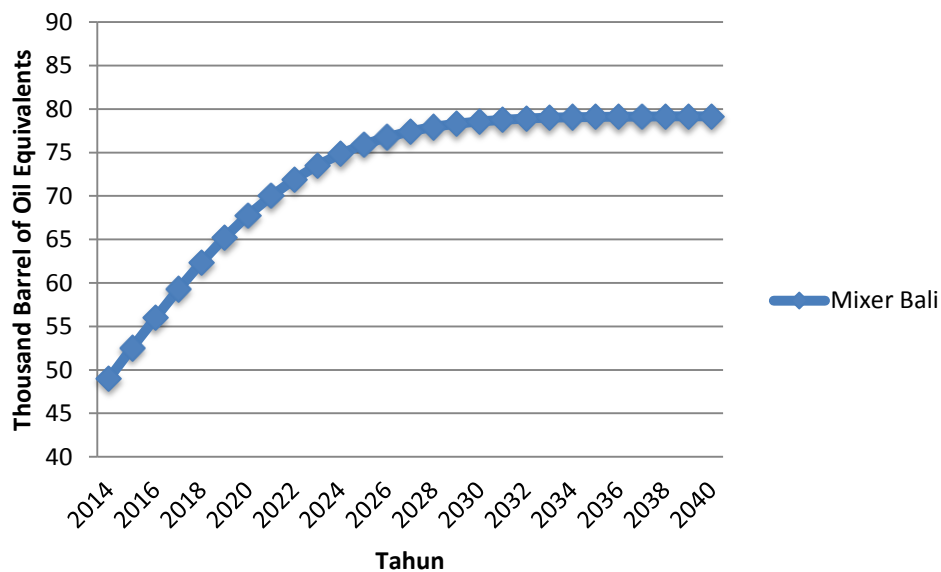
3.1 Proyeksi Hasil Konsumsi Solar Truk Mixer

3.1.1 Prediksi Penggunaan Solar Menggunakan Skenario *Business As Usual*

Tabel 6. Sampel Per Tahun Penggunaan Energi Berdasarkan skenario *business as usual*

Tahun	Demand Energi Truk Mixer
2015	52.531
2025	75.942
2030	78.584
2035	79.105
2040	79.171

*)Dalam satuan *Barrel of Oil Equivalent*s (setara barel minyak)



Gambar 2. Grafik Kebutuhan energi dengan metode *Business as Usual* hingga tahun 2040

Tabel 6 dan Gambar 2 merupakan hasil prediksi penggunaan solar truk *mixer* dengan skenario BAU, dimulai dari tahun 2014 hingga tahun 2040. Konsumsi solar truk *mixer* pada tahun 2040 adalah 79.171 *Barrel of Oil Equivalent* atau setara 12.587.199,34 liter solar. Mengacu pada Gambar 2, terjadi peningkatan penggunaan energi pada hasil prediksi dalam skenario BAU. Ini dikarenakan meningkatnya laju pertumbuhan sektor konstruksi di pulau Bali tiap tahunnya, sehingga kebutuhan akan jasa truk *mixer* pun ikut bertambah. Agar tidak kalah saing dengan perusahaan penyedia jasa yang sama, maka PT. Jokotole Transport akan menambah jumlah truk *mixer* tiap tahun. Oleh sebab itu jarak tempuh dan beban(load) truk *mixer* juga ikut bertambah tiap tahunnya.

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

Tabel 7. Sampel Per Tahun Penggunaan Energi Berdasarkan skenario *advanced fuel economy*

Tahun	Demand Energi Truk Mixer
2015	52.456
2025	71.852
2030	71.222
2035	68.931
2040	66.899

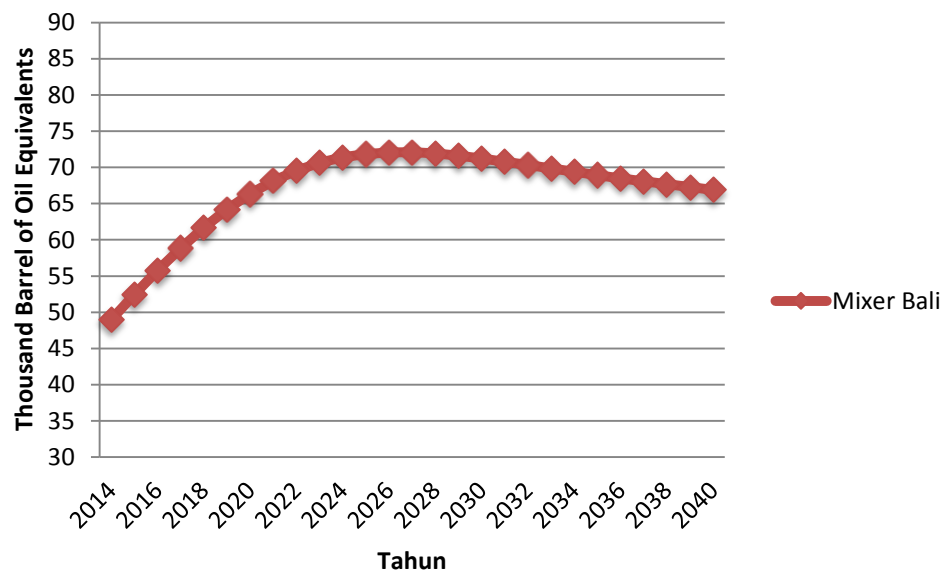
*)Dalam satuan *Barrel of Oil Equivalents* (setara barel minyak)

Hasil prediksi penggunaan energi dalam jangka waktu dari tahun 2014 sampai 2040 dengan skenario AFE dapat dilihat pada Table 7. *Demand* penggunaan energi dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah kendaraan dan jarak tempuh kendaraan. Ini disebabkan karena laju pertumbuhan sektor konstruksi di pulau bali tiap tahunnya selalu mengalami peningkatan. Pada skenario AFE diasumsikan terjadi penghematan bahan bakar sebesar 5%, karena ada peningkatan teknologi pada jenis kendaraan berdasarkan aturan emisi gas buang yang diterapkan.

Hasil estimasi penggunaan solar untuk truk *mixer* dengan skenario AFE dimulai dari tahun 2014 hingga tahun 2040 dapat dilihat pada Gambar 3. Konsumsi solar truk mixer pada tahun 2040 adalah 66.899 *Barrel of Oil Equivalents* atau setara 10.636.104,74 liter solar.

Jika dilihat dari Tabel 7 konsumsi bahan bakar mengalami peningkatan dari tahun 2014 sampai tahun 2040. Namun jika sampel penggunaan solar pada Table 6 dibandingkan dengan Tabel 7, dapat dilihat bahwa dalam skenario AFE ini, konsumsi solar terus menurun untuk setiap tahunnya.

Penurunan konsumsi solar pada prediksi menggunakan skenario AFE karena ada penghematan bahan bakar sebesar 5%. Penghematan konsumsi bahan ini disebabkan oleh peningkatan teknologi pada setiap jenis kendaraan berdasarkan aturan emisi gas buang yang diterapkan di dalam skenario AFE pada tahun 2015, 2020, 2030 dan 2040. Kebijakan pemerintah ini berpengaruh pada perkembangan teknologi yang membuat kendaraan lebih efisien atau lebih irit penggunaan bahan bakar dan rendah emisi.



Gambar 3. Hasil Konsumsi Solar dengan Skenario *Advanced Fuel Economy*

3.2 Prediksi Emisi Gas Buang

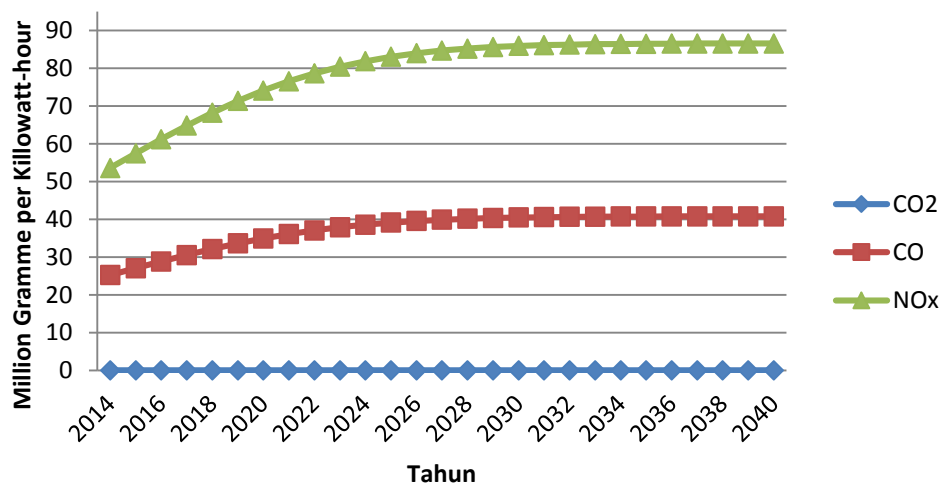
Tabel 8. Hasil Proyeksi Emisi Gas Buang dengan Skenario *Business as Usual*

JENIS EMISI GAS BUANG	TAHUN			
	2015	2020	2030	2040
<i>Carbon Dioxide Non Biogenic</i>	22.382	28.878	33.482	33.732
<i>Carbon Monoxide</i>	27.066.515	34.922.139	40.490.240	40.792.797
<i>Nitrogen Oxides</i>	57.442.103	74.113.757	85.930.697	86.572.801

*) Dalam satuan *gramme per kilowatt-hour*

Hasil proyeksi emisi dengan skenario BAU sejak tahun 2014 sampai tahun 2040 dengan jenis emisi *Carbon Dioxide Non Biogenic*, *Carbon Monoxide*, dan *Nitrogen Oxides* dapat dilihat pada Table 8. Hasil proyeksi emisi gas buang dengan skenario ini, pada tahun 2015 untuk *Carbon Dioxide Non Biogenic* adalah 22.382 *gramme per kilowatt-hour*, *Carbon Monoxide* 27.066.515 *gramme per kilowatt-hour* dan *Nitrogen Oxides* 57.442.103 *gramme per kilowatt-hour*. Ditahun 2040, emisi *Carbon Dioxide Non Biogenic* naik menjadi 33.732 *gramme per kilowatt-hour*. Emisi gas buang yang lain seperti *Carbon Monoxide* adalah 40.792.797 *gramme per kilowatt-hour* dan *Nitrogen Oxides* sebesar 86.572.801 *gramme per kilowatt-hour*.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa ketiga jenis emisi tersebut terus bertambah jumlahnya sampai *end year* yakni tahun 2040. Hal ini disebabkan oleh metode yang digunakan dalam *environmental loading* untuk ketiga emisi tersebut adalah emisi per energi yang dikonsumsi, dimana konsumsi terus naik seiring jumlah kendaraan yang terus bertambah.



Gambar 4. Hasil Proyeksi Emisi Gas Buang dengan Skenario *Business as Usual*

Tabel 9. Hasil Proyeksi Emisi Gas Buang dengan Skenario *Advanced Fuel Economy*

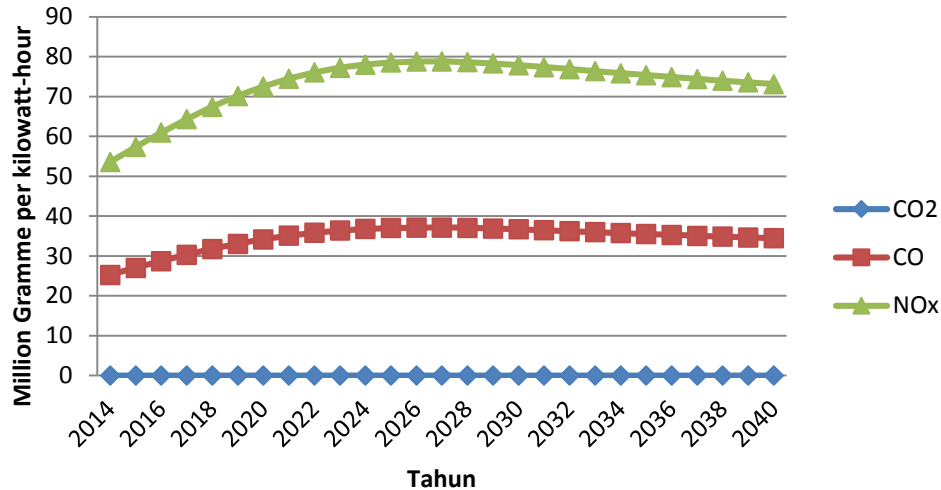
JENIS EMISI GAS BUANG	TAHUN			
	2015	2020	2030	2040
<i>Carbon Dioxide Non Biogenic</i>	22.350	28.267	30.346	28.504
<i>Carbon Monoxide</i>	27.028.309	34.184.078	36.697.343	34.469.696
<i>Nitrogen Oxides</i>	53.590.621	72.547.401	77.881.195	73.153.556

*) Dalam satuan *gramme per kilowatt-hour*

Hasil proyeksi emisi dengan skenario AFE sejak tahun 2014 sampai tahun 2040 dengan jenis emisi *Carbon Dioxide Non Biogenic*, *Carbon Monoxide*, dan *Nitrogen Oxides* dapat dilihat pada Table 9. Hasil proyeksi emisi gas buang dengan skenario ini, pada tahun 2015 untuk *Carbon Dioxide Non Biogenic* adalah 22.350 *gramme per kilowatt-hour*, *Carbon Monoxide* 27.028.309 *gramme per kilowatt-hour* dan *Nitrogen Oxides* 53.590.621 *gramme per kilowatt-hour*.

Pada tahun 2040, emisi *Carbon Dioxide Non Biogenic* naik menjadi 28.504 gramme per kilowatt-hour. Emisi gas buang yang lain seperti *Carbon Monoxide* adalah 34.469.696 gramme per kilowatt-hour dan *Nitrogen Oxides* sebesar 73.153.556 gramme per kilowatt-hour.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa ketiga emisi yang dihasilkan terus bertambah jumlahnya sampai *end year* yaitu tahun 2040. Hal ini disebabkan oleh metode yang digunakan dalam *environmental loading* untuk ketiga emisi adalah emisi yang dihasilkan per energi yang dikonsumsi, dimana konsumsi terus naik seiring jumlah kendaraan, beban load dan jarak tempuh yang terus bertambah.



Gambar 5. Hasil Proyeksi Emisi Gas Buang dengan Skenario Advanced Fuel Economy

Jika dilihat dari Tabel 8 dan Tabel 9, jumlah ketiga emisi pada skenario BAU lebih banyak dihasilkan dibandingkan dengan skenario AFE. Hal ini disebabkan oleh konsumsi bahan bakar yang lebih hemat sebesar 5% pada skenario AFE berpengaruh terhadap ketiga emisi yang dihasilkan. Mengacu pada naiknya standar euro di Indonesia yakni dari euro 4 ke 5 adalah terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar sekitar 5% bahkan bisa lebih.

Metode ini dipilih karena gas buang *Carbon Monoxide* dan *Nitrogen Oxides* yang dihasilkan dipengaruhi oleh kondisi kerja mesin tersebut. Emisi gas buang *Carbon Monoxide* dihasilkan saat proses pembakaran yang tidak sempurna seperti pada saat kondisi operasi yang dingin, proses pemanasan mesin dan proses penambahan tenaga. Sedangkan, emisi gas buang *Nitrogen Oxides* dihasilkan pada saat temperatur dan tekanan yang tinggi di ruang bakar. Seperti pada umumnya, *Nitrogen Oxides* dihasilkan paling banyak saat beban kerja menengah sampai berat meskipun *Nitrogen Oxides* dalam jumlah kecil juga dapat dihasilkan karena temperature mesin yang terlalu panas dan suhu udara *intake* yang terlalu panas.

4. Kesimpulan

Penelitian tentang estimasi konsumsi solar untuk truk *mixer* dari tahun 2014 sampai tahun 2040 menggunakan software LEAP dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perangkat lunak LEAP dapat diaplikasikan sebagai alat bantu untuk memprediksi konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor dari rentang tahun 2014 sampai 2040.
- 2) Jumlah solar yang dibutuhkan truk *mixer* pada tahun 2040 berdasarkan skenario *bussiness as usual* adalah 79.171 *Barrel of Oil Equivalent* atau setara 12.587.199,34 liter solar. Berdasarkan skenario *advanced fuel economy*, pada tahun 2040 estimasi konsumsi solar yang dibutuhkan adalah 66.899 *Barrel of Oil Equivalents* atau setara 10.636.104,74 liter solar.
- 3) Berdasarkan demand solar Truk Mixer pada tahun 2040, antara skenario *Bussiness as Usual* dengan *Advanced Fuel Economy* terjadi penghematan bahan bakar sebanyak 15,55 %.
- 4) Emisi gas buang yang dihasilkan truk *mixer* pada tahun 2040 berdasarkan skenario *Business as Usual* untuk *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 33.732 gramme per kilowatt-hour. Emisi gas buang yang lain seperti *Carbon Monoxide* sebesar 40.792.797 gramme per kilowatt-hour dan *Nitrogen Oxides* sebesar 86.572.801 gramme per kilowatt-hour. Sedangkan untuk skenario *advanced fuel economy*, pada tahun 2040 untuk *Carbon Dioxide Non Biogenic* sebesar 28.504 gramme per kilowatt-hour. Emisi gas buang yang lain seperti *Carbon Monoxide* 34.469.696 gramme per kilowatt-hour, *Nitrogen Oxides* 73.153.556 gramme per kilowatt-hour. Untuk tahun 2040 nilai *Carbon Dioxide Non Biogenic*, *Carbon Monoxide* dan *Nitrogen Oxides* pada skenario AFE semuanya turun sebesar 15,55 % dari nilai pada scenario BAU.

5. Daftar Pustaka

- [1]. Situmorang, Elizabeth. 2012. *"Pembuatan dan Karakterisasi Briket Bioarang Cangkang Kemiri – Kulit Durian Sebagai Bahan Bakar Alternatif,"* USU
- [2]. Badan Pusat Statistik Indonesia.
http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=17¬ab=12, diakses : 06 Maret 2014
- [3]. Rabia, Shabbir. Sheikh Saeed Ahmad. 2010. *"Monitoring urban transport air pollution and energy demand in Rawalpindi and Islamabad using leap model,"* Energy policy 35. 2323-2332
- [4]. Wikipedia. *"Long-range Energy Alternatives Planning System,"*
http://en.wikipedia.org/wiki/LEAP:Long_range_Energy_Alternatives_Planning_System, diakses : 06 Maret 2014
- [5]. Commend-energycommunity.org. *"Modeling Software,"*
<http://energycommunity.org/default.asp?action=71>, diakses : 06 Maret 2014
- [6]. PUSPIPTEK. BTMP BPPT, *"Indonesia mulai melaksanakan Uji Emisi dengan Standar Euro 2,"*
http://puspiptek.ristek.go.id/media.php?module=detailberita&id=424-btmp_bppt_mulai_melaksanakan_uji_emisi_dengan_standar_euro_2.html diakses 21 Agustus 2014
- [7]. Gadson, Waron. 2009. *"Draft regulation impact statement for review of euro light vehicle emission standart. Departement of infrastucture.transport regional development and local government,"*