

PEMILIHAN STRATEGI ENERGI UNTUK MENDORONG PEMANFAATAN EBT DI SEKTOR TRANSPORTASI

¹Adhi D. Permana, Yudiartono, ²Ira Fitriana, ³Ratna E. P. Dewi, ⁴Prima Zuldian
Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi BPPT
BPPT Gd II, Lantai 20, Jl. MH Thamrin 8
E-mail: adhidpermana@gmail.com

Abstract

The transportation sector is the second largest final energy consumer after the industry sector. The main energy issue in the transportation sector in Indonesia is the dominant use of oil fuels. Moreover, almost 60% of total oil fuels are being subsidized. On the contrary, the development and application of New and Renewable Energy (NRE) in the transportation sector has not been very successful. This paper applies the Analytical Hierarchy Process (AHP) in conjunction with optimization of the energy system using MARKAL model to select the best strategy for increasing the role of New and Renewable Energy (NRE) in the transportation sector. Three case studies are applied to evaluate the intervention by policy as an effort to increase the role of NRE in the transportation sector.

Kata kunci: optimisasi energi, kebijakan energi, MARKAL, AHP

1. PENDAHULUAN

Sektor transportasi merupakan sektor yang penting sebagai pendukung aktifitas sektor lainnya dalam kegiatan perekonomian nasional. Dalam kurun waktu tahun 2000 sampai dengan 2009 sektor transportasi yang merupakan pendukung pertumbuhan ekonomi mengalami pertumbuhan konsumsi energi yang cukup tinggi, yakni 6%, atau mengalami kenaikan hingga 67% dalam kurun waktu 9 tahun. Pada tahun 2009, pangsa PDB sektor transportasi hanya 3,6% tetapi pertumbuhannya lebih tinggi dari rata-rata total PDB yang hanya 5,1% pada kurun waktu yang sama. (CDIEMR, 2010) Pertumbuhan PDB sektor transportasi yang cukup tinggi menandakan bahwa aktifitas di sektor ini akan berpengaruh terhadap kelancaran aktifitas sektor-sektor industri, pertanian, perdagangan, jasa dan lainnya.

Di sisi lain, konsumsi energi yang mendukung aktifitas sektor transportasi merupakan yang kedua terbesar di antara sektor-sektor pengguna energi akhir setelah sektor industri. Konsumsi energi sektor transportasi terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 5,6% per tahun dalam kurun waktu 2000 sampai dengan 2009. Pada kurun waktu yang sama, pangsa pemanfaatan energi sektor transportasi terus meningkat dari 27% (2000) menjadi 34% (2009) dari total 669

juta Setara Barel Minyak (SBM) pada tahun 2009. Secara konsisten sektor transportasi merupakan konsumen energi akhir yang kedua terbesar setelah sektor industri dimana pada tahun 2009 pangsa konsumsi energi sektor industri mencapai 38%.

Konsumsi energi di sektor transportasi masih didominasi oleh jenis BBM. Pertumbuhan kendaraan yang menggunakan BBM cenderung meningkat dengan pesat sementara itu sampai saat ini belum ada kebijakan yang membatasi pemanfaatan BBM atau membatasi pertumbuhan kendaraan bermotor. Akibatnya, penggunaan energi baru terbarukan (EBT) diperkirakan belum akan tumbuh secara signifikan atau dominasi pemanfaatan BBM di sektor transportasi diperkirakan akan terus meningkat.

Permasalahan energi sektor transportasi terutama adalah efektifitas pemanfaatan energi untuk keperluan pergerakan manusia dan barang, penggunaan kendaraan yang efisien dalam pemanfaatan energi, dan ketersediaan sistem dan kendaraan transportasi yang mendukung pergerakan secara efisien. Beberapa permasalahan dalam penerapan teknologi untuk mendukung terciptanya ketahanan energi di dalam penyediaan energi yang berkelanjutan (*sustainable*) di sektor transportasi adalah:

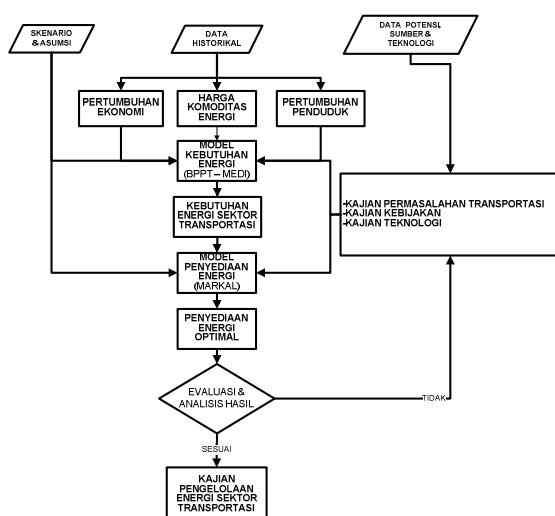
- Penyediaan energi untuk sektor transportasi masih bertumpu pada sumber energi fosil (energi final BBM);
- Belum terciptanya kondisi yang memberikan iklim kondusif bagi tumbuhnya pemanfaatan EBT di sektor transportasi dan penerapan teknologi yang relevan secara signifikan;
- Belum mempunya teknologi energi khususnya teknologi yang memanfaatkan sumberdaya EBT yang memiliki prospek diterapkan di masa depan untuk melakukan penetrasi atau bersaing ke dalam sistem energi yang mendukung sektor transportasi.

Model MARKAL dapat diterapkan untuk mendapatkan alokasi sumberdaya energi dan teknologi secara optimal berdasarkan minimalisasi biaya sistem (Loulou et. al, 2004). Makalah ini memberikan gambaran pemilihan strategi kebijakan untuk meningkatkan pemanfaatan EBT melalui penerapan metode Analitikal Hirarki Proses (AHP) yang dilakukan setelah melakukan optimalisasi sumberdaya energi menggunakan model MARKAL. Hasil-hasil yang akan disampaikan antara lain proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi serta proyeksi emisi secara keseluruhan untuk kasus dasar, proyeksi kebutuhan energi dan proyeksi emisi di sektor transportasi untuk kasus dasar, serta proyeksi kebutuhan energi dan proyeksi emisi sektor transportasi untuk kasus lainnya.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Alur Pikir

Alur pikir yang diterapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Pikir Kegiatan Kajian

2.2. Kebutuhan Energi

Perhitungan kebutuhan energi dilakukan menggunakan model BPPT MEDI (BPPT, 2011) yang disusun berdasarkan penerapan asumsi-asumsi dasar sebagai berikut:

- Pertumbuhan Produk Domestik Bruto (PDB) nasional ditentukan tetap sebesar 7% per tahun sampai 2030;
- Pertumbuhan penduduk nasional mengikuti proyeksi jangka panjang Bappenas dan BPS hingga tahun 2025 yakni sebesar 1,22% per tahun pada tahun 2010 dan menurun menjadi 0,78% per tahun pada tahun 2025. Pada tahun 2026-2030 pertumbuhannya menurun mengikuti trend tahun sebelumnya;

2.3. Penyediaan Energi

Pada perhitungan penyediaan energi menggunakan model MARKAL (BPPT, 2011), diterapkan beberapa asumsi kunci sebagai berikut:

- Pasokan gas bumi mengikuti Buku Neraca Gas Indonesia 2010-2025 yang dikeluarkan oleh Kementerian ESDM. Untuk tahun 2006-2030 pasokan gas yang dipertimbangkan adalah sisa cadangan gas 2P (90% terbukti ditambah 50% potensial). Ekspor gas bumi mengikuti Buku Neraca Gas dan tidak ada impor sampai tahun 2025.
- Cadangan batubara dan minyak bumi berdasarkan data dari Kementerian ESDM status Januari 2010. Cadangan minyak yang dipertimbangkan adalah cadangan terbukti sedangkan untuk batubara yang dipertimbangkan adalah cadangan tertambang dan cadangan terukur.
- Harga minyak mentah tahun 2009 sebesar 95 \$/barell dan naik secara linier menjadi 200 \$/barell pada tahun 2030.
- Pasokan CBM mengikuti data dari Kementerian ESDM untuk tahun 2010–2036.
- Teknologi *coal to liquid* (CTL) yang dipertimbangkan adalah proses *indirect coal liquefaction* dengan kapasitas produksi 50 ribu barell/hari.
- Penambahan kilang minyak baru mengikuti rencana PT Pertamina yaitu pembangunan Kilang New Balongan dan Kilang Tuban yang masing-masing mempunyai kapasitas 200 ribu barell/hari.

2.4. Kasus

Kasus yang diterapkan sebagai dasar analisis pada kajian ini adalah:

- a. Kasus dasar

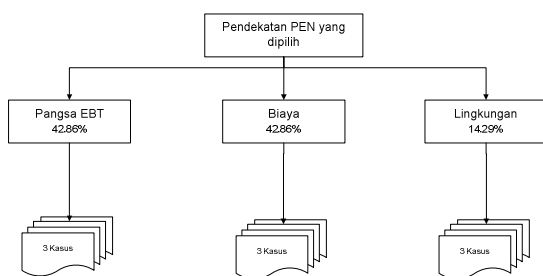
Dilaksanakan sesuai asumsi yang diterapkan pada kasus dasar;

- b. Kasus BBN: pemanfaatan BBN dimaksimalkan dengan batas bawah adalah sesuai kebijakan mandatori BBN dan batas atas kemampuan pasokan;
- c. Kasus Diversifikasi BBM dengan EBT: Pada kasus ini, CNG dimaksimalkan, DME dimaksimalkan, dilakukan pengupayaan diversifikasi BBC dengan memaksimalkan bahan bakar sintetik dari batubara dicairkan, penggunaan kendaraan hibrid didorong secara maksimal.

2.5. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dapat diterapkan untuk mengevaluasi pilihan-pilihan di atas (Saaty, 2000) sesuai skenario yang diterapkan. Indikator acuan yang diterapkan meliputi indikator pangsa EBT, biaya dan lingkungan. Pada pangsa EBT dipertimbangkan sejauh mana peran EBT dalam bauran energi di sektor transportasi. Dalam perhitungan biaya dipertimbangkan (i) subsidi yang dikeluarkan atau dihemat dengan mempertimbangkan selisih pemanfaatan BBM bersubsidi, (ii) biaya investasi penambahan infrastruktur/teknologi (relatif terhadap kasus dasar), (iii) biaya yang dikeluarkan untuk memberikan insentif pada teknologi transportasi pengguna bahan bakar EBT (kendaraan DME dan hibrid), (iv) biaya eksternalitas akibat emisi CO₂ dan (v) biaya impor BBM yang berkurang akibat pengurangan pemanfaatan BBM.

Konstruksi proses hirarki analisis yang diperoleh adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Hirarki Pendekatan AHP untuk kegiatan Kajian PEN

Indikator

Beberapa Indikator yang dipertimbangkan di dalam memperbandingkan berbagai kasus dan perhitungannya diuraikan sebagai berikut:

1. Indeks Pangsa EBT

$$\text{Pangsa EBT} = \frac{\text{konsumsi EBT di sektor transportasi}}{\text{Total konsumsi energi final di sektor transportasi}}$$

2. Biaya

Komponen biaya yang dipertimbangkan:

1. Subsidi yang dikeluarkan atau dihemat dengan mempertimbangkan selisih pemanfaatan BBM bersubsidi;
2. Biaya investasi penambahan infrastruktur/teknologi (relatif terhadap kasus dasar);
3. Biaya yang dikeluarkan untuk memberikan insentif pada teknologi transportasi pengguna bahan bakar EBT (kendaraan CNG, DME, hidrogen/*fuel cell* dan hibrid);
4. Biaya eksternalitas akibat emisi CO₂;
5. Biaya impor BBM yang berkurang akibat pengurangan pemanfaatan BBM.

3. Lingkungan

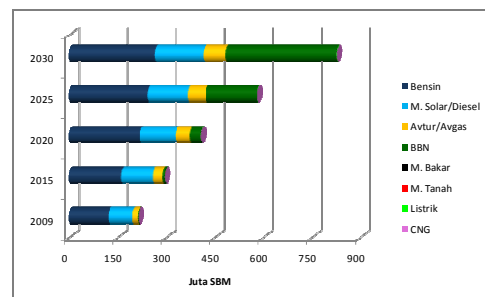
$L = \text{Total emisi CO}_2 \text{ di sektor transportasi}$
(kumulatif: misal 2010 - 2030)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Proyeksi Pemanfaatan Energi di Sektor Transportasi (Kasus Dasar)

Kendaraan bermotor untuk transportasi darat sangat mendominasi kebutuhan energi pada sektor transportasi. Pada tahun 2009 pemakaian bensin memberikan kontribusi sebesar 56,9% terhadap total kebutuhan energi pada sektor transportasi. Hal ini dapat dilihat dari penggunaan sepeda motor yang melonjak pesat. Kemudian diikuti oleh minyak solar dan diesel yaitu sebesar 34,5% (74,3 juta SBM), diikuti oleh pemakaian avtur/avgas sebesar 7,6% (16,2 juta SBM). Pada tahun 2009 pemakaian energi alternatif selain BBM masih sangat kecil perannya. Sampai tahun 2030 kebutuhan energi final mengalami laju pertumbuhan sebesar 6,7% per tahun. Gambar 3 menunjukkan proyeksi kebutuhan energi final sektor transportasi sesuai kasus dasar.

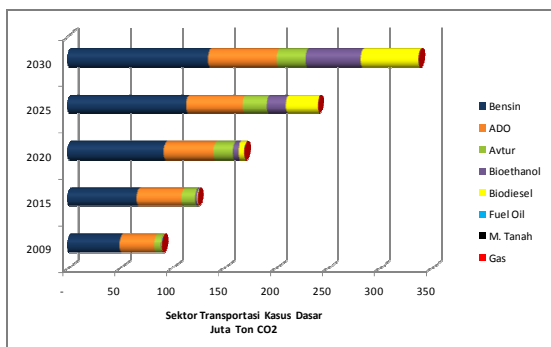


Gambar 3. Proyeksi Kebutuhan Energi Final Sektor Transportasi Sesuai Kasus Dasar

Berdasarkan asumsi kenaikan harga minyak bumi hingga 200 USD/barel, maka mulai tahun 2020 peranan bahan bakar nabati (berupa biodiesel B10 dan bioethanol E10) terus meningkat terutama pada sektor transportasi. Dengan persaingan keekonomian dan kemampuan lahan, maka pada tahun 2030, dalam sektor ini peranan biodiesel mencapai 17,3% dan bioethanol 16,8%. Besarnya cukup besar dan hampir menyamai pangsa minyak solar pada tahun yang sama, yaitu sebesar 18%.

3.1.2 Proyeksi Emisi dari Pemanfaatan Energi Sektor Transportasi (Kasus Dasar)

Proyeksi emisi CO₂ dari kebutuhan energi final sektor transportasi ditunjukkan pada gambar 4 Untuk kasus dasar emisi CO₂ diprakirakan meningkat dari 90,2 juta ton CO₂ pada tahun 2009 menjadi 337,3 juta ton CO₂ pada tahun 2030. Pada tahun 2009, emisi terbesar disumbang oleh bensin (55%), kemudian disusul oleh minyak solar (36%) dan avtur (8%). Sementara pada tahun 2030, terjadi pergeseran walaupun bensin dan minyak solar masih mendominasi dengan pangsa 40% dan 19,5%, kemudian disusul dengan biodiesel (16,3%) dan bioetanol (15,7%).



Gambar 4. Proyeksi emisi CO₂ dari sektor transportasi berdasarkan jenis bahan bakar pada kasus dasar

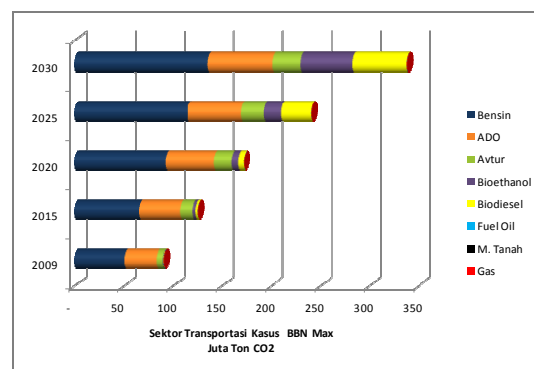
3.1.3 Proyeksi Pemanfaatan Energi Sektor Transportasi (Kasus Lainnya)

a. Kasus BBN Maksimum

Pada kasus ini usaha pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN) dimaksimalkan yaitu pada saat keekonomiannya belum bersaing dengan BBM, maka BBN dimaksimalkan mencapai nilai mandatori hingga mencapai tahun 2020. Dengan adanya asumsi kenaikan harga minyak bumi hingga 200 USD/barel pada tahun 2030, maka mulai tahun 2020 peranan bahan bakar nabati (berupa biodiesel B10 dan bioethanol E10) terus meningkat terutama pada sektor transportasi.

Oleh karena itu, sama halnya dengan kasus dasar, pada saat harga keekonomian BBN (B10 dan E10) lebih rendah dari harga BBM, maka pemanfaatannya meningkat tinggi sehingga hampir menyamai penggunaan minyak solar.

Selisih kumulatif pemakaian BBN jika dibandingkan dengan kasus dasar selama kurun waktu 2009-2020 adalah sebesar 83,5 juta SBM seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Proyeksi kebutuhan energi final pada sektor transportasi kasus BBN yang dimaksimalkan (2009 – 2030)

b. Kasus Diversifikasi BBM Dengan Energi Baru Dan Terbarukan (EBT)

Beberapa bahan bakar alternatif dan teknologi hemat energi dipertimbangkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBM di sektor transportasi, diantaranya adalah Dimethyl Ether (DME), hydrogen berbasis gasifikasi batubara, CNG, serta teknologi *hybrid-gasoline electric*. Khusus DME memiliki prospektif ke depan yang paling baik untuk bahan bakar mobil diesel dikarenakan harganya yang kompetitif, memiliki nilai *Cetane number* yang tinggi dan tidak menimbulkan masalah atau dampak berbahaya terhadap emisi yang dihasilkan ketika digunakan. Namun, penggunaan DME ini memerlukan sarana infrastruktur pendistribusian serta modifikasi mesin agar dapat menggunakan DME. Untuk kendaraan yang menggunakan DME sebagai pengganti diesel umumnya difokuskan ke kendaraan bus atau truk terlebih dahulu yang semula memang sudah menggunakan mesin diesel.

Kendaraan Hybrid Gasoline-Electric (Bensin-Elektrik) adalah suatu tipe kendaraan yang memiliki sumber penggerak ganda, mesin bensin (*Internal Combustion Engine*) dan motor listrik. Sumber energinya berasal dari bahan bakar fosil (bensin) dan energi listrik yang disimpan di baterai. Adapun bahan bakar hydrogen yang

dipertimbangkan adalah hydrogen dari gasifikasi batubara, mengingat bahwa masih besarnya sumberdaya batubara yang dimiliki Indonesia. Terakhir adalah bahan bakar CNG yang saat ini sudah digunakan di beberapa kota di Indonesia. Dalam studi ini CNG tersebut pemanfaatannya dimaksimalkan sesuai dengan Permen ESDM No. 19 tahun 2010. Selanjutnya kasus diversifikasi BBM yang disusun dalam database MARKAL adalah seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Kasus Diversifikasi BBM dengan EBT yang dipertimbangkan di Sektor Transportasi

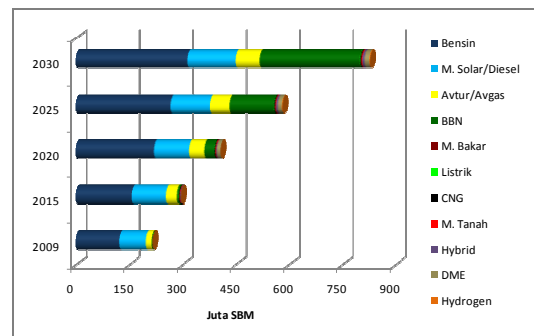
Jenis Teknologi / Bahan Bakar Alternatif	Wilayah	Jenis Bhn Bakar yg Disubstitusi	Jenis Moda
DME	Jabar	Solar	Bus Besar
		Solar	Truk Sedang
	Jateng	Solar	Bus Besar
		Solar	Truk Sedang
	Jatim	Solar	Bus Besar
Solar		Truk Sedang	
Hybrid	Jabar	Bensin	Sedan
	Jateng	Bensin	Sedan
	Jatim	Bensin	Sedan
Hydrogen	Jabar	Bensin (1%)	Motor
		Solar(1%)	Bus Besar
		Bensin(3%)	Sedan
CNG	Jabar	Solar	Bus Besar
		Bensin	Taxi
	Jateng	Solar	Bus Besar
		Bensin	Taxi
	Jatim	Solar	Bus Besar
Bensin		Taxi	

Bahan bakar alternatif DME dipertimbangkan mulai tahun 2020 untuk mensubstitusi bahan bakar solar, yaitu sebesar 20% DME, dan diperuntukkan bagi jenis moda bus besar dan truk sedang. DME disini merupakan DME yang sudah diblending dengan solar masing-masing sebesar 50%, atau biasa disebut DME (50:50). Kemudian dalam kaitannya memaksimalkan penggunaan CNG di sektor transportasi, maka dipertimbangkan penggunaan CNG secara maksimal berdasarkan Permen ESDM No. 19 tahun 2010 tentang rencana alokasi gas untuk transportasi. CNG tersebut digunakan untuk jenis moda bus besar dan taxi di wilayah Jabar, Jateng, dan Jatim. Untuk *hybrid-gasoline electric*, dipertimbangkan mulai tahun 2015 sebesar 5%

dan naik menjadi 10% tahun 2025 untuk jenis moda sedan di wilayah Jabar, Jateng, dan Jatim. Adapun jenis bahan bakar hydrogen hanya dipertimbangkan di wilayah Jabar mulai tahun 2025, dan diperuntukkan untuk jenis moda motor, bus besar, dan sedan.

Pada kasus diversifikasi BBM dengan EBT di atas, diproyeksikan akan diperoleh penghematan konsumsi bahan bakar solar di wilayah Jawa Bali sekitar 16% atau sebesar 1,6 juta kilo liter pada tahun 2020, dan meningkat menjadi 2,2 juta kilo liter tahun 2030. Pengurangan 2,2 juta kilo liter ini memberikan pengaruh pengurangan pemakaian minyak solar sebesar 14% terhadap pemakaian minyak solar pada kasus dasar. Total prakiraan bahan bakar premium yang dihemat mendekati 13 juta kilo liter.

Meninjau kondisi perubahan di wilayah Jawa dengan adanya kasus diversifikasi dengan EBT, maka secara nasional adanya energi baru dan terbarukan (EBT) pada sektor transportasi secara nasional berpengaruh menurunkan pangsa BBM terhadap total pemakaian bahan bakar sektor transportasi sebesar 26,7 juta SBM. Hal ini ditunjukkan pada gambar 6 berikut.

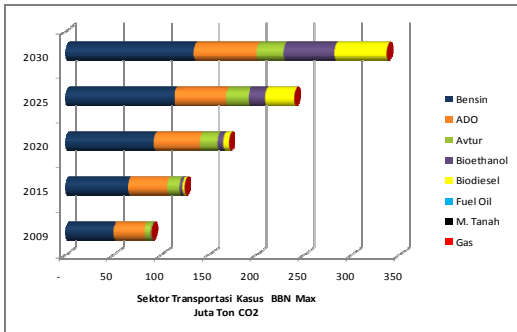


Gambar 6. Proyeksi kebutuhan energi final pada sektor transportasi dengan kasus diversifikasi BBM dengan EBT (2009 – 2030)

3.1.4 Proyeksi emisi dari pemanfaatan energi sektor transportasi (kasus lainnya)

a. Kasus BBN Maksimum

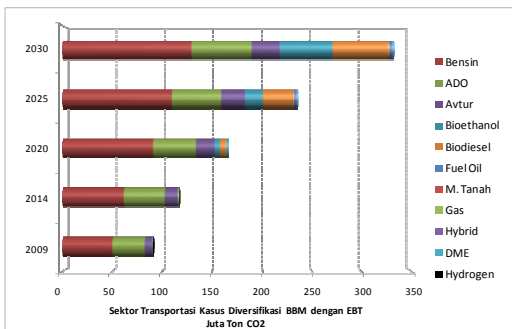
Pada kasus BBN Maksimum, emisi CO₂ dari kebutuhan energi final dari sektor transportasi tidak mengalami perubahan yang berarti dibandingkan dengan kasus dasar sebagaimana ditunjukkan pada gambar 7. Hal ini dapat disebabkan karena pemakaian dari sisi pemakaian energi final juga tidak memiliki perbedaan berarti. Dengan kasus BBN Maksimum, terjadi penurunan emisi CO₂ hingga 0,5% selama tahun 2010-2019.



Gambar 7. Proyeksi emisi CO₂ dari sektor transportasi berdasarkan jenis bahan bakar pada kasus BBN Maksimum

b. Kasus Diversifikasi BBM Dengan Energi Baru Dan Terbarukan (EBT)

Pada kasus Diversifikasi BBM dengan EBT, emisi CO₂ dari kebutuhan energi final dari sektor transportasi mengalami penurunan. Pada tahun 2020 terjadi penurunan emisi CO₂ sebesar 3,01 juta ton, dan terus meningkat menjadi 4,69 juta ton pada tahun 2030. Penurunan emisi CO₂ dengan kasus ini mencapai 1,8%. Proyeksi emisi CO₂ kasus Diversifikasi BBM dengan EBT ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Proyeksi emisi CO₂ dari sektor transportasi berdasarkan jenis bahan bakar pada kasus Diversifikasi BBM dengan EBT

3.2 Analisis dan Pembahasan

3.2.1 Energi

Sektor transportasi sebagai pendukung ekonomi nasional termasuk sektor pengguna energi terbesar sesudah sektor industri. Hingga saat ini bahan bakar yang mendominasi sektor ini adalah berupa Bahan Bakar Minyak (BBM) yang sumber dayanya makin berkurang. Harga Upaya meningkatkan EBT berupa Bahan Bakar Nabati, pemakaian bahan bakar gas (CNG), *Dimethyl Ether* (DME), bahan bakar Hidrogen (*fuel cell*) dan teknologi hibrid sebagai alternatif mulai dipertimbangkan pada sektor ini. Mengingat pada

kasus dasar menggunakan asumsi laju pertumbuhan PDB sebesar 7% per tahun dan kenaikan harga minyak bumi yang mencapai 200 \$/barel pada tahun 2030, maka dari hasil diatas menunjukkan bahwa kasus BBN yang dimaksimalkan tidak memberi pengaruh yang signifikan terhadap kondisi sektor transportasi pada kasus dasar.

Pada kasus diversifikasi BBM dengan EBT, penurunan pemakaian minyak solar dan premium cukup signifikan. Dengan mempertimbangkan 20% DME pada tahun 2020, *hybrid-gasoline electric*, dipertimbangkan mulai tahun 2015 sebesar 5% dan naik menjadi 10% tahun 2025 akan menurunkan pemakaian BBM sebesar 26,7 juta SBM di sektor transportasi pada tahun 2030.

3.2.2 Perhitungan AHP untuk menentukan Pilihan Pengelolaan

Analisis AHP diterapkan dengan melakukan normalisasi untuk masing-masing kriteria sebagai berikut:

1. Pangsa EBT

Pangsa EBT merupakan hasil bagi antara konsumsi EBT di sektor transportasi dengan total konsumsi energi final di sektor transportasi. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa kasus Diversifikasi BBM memiliki pangsa/kontribusi EBT yang paling besar, sebesar 37%, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pangsa EBT

	Pangsa/Kontribusi EBT	Normalisasi
Kasus Dasar	34%	32.4%
Kasus Maksimum BBN	34%	32.4%
Kasus Diversifikasi BBM	37%	35.2%
Total	105%	100%

2. Biaya

Analisis biaya dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung selisih antara tambahan pengeluaran sistem (*cost*) dengan tambahan pendapatan (*manfaat/benefit*) terhadap kasus dasar. Pengeluaran (*cost*) meliputi subsidi yang dikeluarkan pemanfaatan BBN, biaya investasi penambahan infrastruktur/teknologi, biaya yang dikeluarkan untuk memberikan insentif pada teknologi transportasi pengguna bahan bakar EBT. Sementara Manfaat (*benefit*) meliputi pengurangan biaya eksternalitas akibat emisi CO₂ dan biaya impor BBM yang berkurang akibat pengurangan pemanfaatan BBM. Dari hasil

perhitungan disimpulkan bahwa dibandingkan dengan kasus Maksimum BBN, kasus Diversifikasi BBM dengan EBT membutuhkan tambahan biaya yang lebih kecil.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tambahan Biaya

	Biaya relatif terhadap kasus dasar (Juta US\$)	Invers Normalisasi
Kasus Dasar	0	0
Kasus Maksimum BBN	2,759.28	0.18
Kasus Diversifikasi BBM	624.53	0.82
Total	3383.81	1.00

3. Emisi CO₂

Jumlah emisi CO₂ yang diperhitungkan merupakan penjumlahan kumulatif dari proyeksi emisi CO₂ di sektor transportasi selama periode 2009-2030. Kasus diversifikasi BBM mengeluarkan total emisi CO₂ yang paling rendah jika dibandingkan dengan kasus-kasus lainnya sebagai akibat dari pengurangan pemanfaatan BBM yang disubstitusi oleh Energi Baru Terbarukan seperti hidrogen yang ramah lingkungan dan bahan bakar DME dan CNG yang memiliki koefisien emisi yang lebih rendah daripada BBM, serta penerapan teknologi hibrid yang dapat menghemat penggunaan BBM.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Emisi CO₂

	Besaran (Kuantitas) Emisi CO ₂ (Juta ton CO ₂)	Invers Normalisasi
Kasus Dasar	4,020.48	33.19%
Kasus Maksimum BBN	4,018.28	33.21%
Kasus Diversifikasi BBM	3,972.05	33.60%
Total		1.00

Setelah dilakukan normalisasi untuk masing-masing kriteria, langkah selanjutnya adalah menghitung *rating* rata-rata untuk tiap alternatif kasus untuk mendapatkan urutan prioritas berdasarkan nilai *rating* yang paling tinggi, seperti ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan dengan Metode AHP

	Pangsa / Kontribusi EBT	Biaya (relatif terhadap kasus dasar)	Emisi CO ₂			
Kasus Dasar	32.4%	0	33.19%		42.86%	
Kasus Maksimum BBN	32.4%	18%	33.21%	X	42.86%	= 19%
Kasus Diversifikasi BBM	35.2%	82%	33.60%		14.29%	26% 55%

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa upaya mendorong pemanfaatan EBT seperti CNG, DME, kendaraan listrik dan hibrid lebih mendatangkan manfaat atau lebih baik dibandingkan upaya mendorong pemanfaatan BBN dengan pemberian subsidi terhadap BBN dan kasus tidak melakukan apa-apa (*do nothing*) seperti yang ditunjukkan oleh kasus dasar.

4. KESIMPULAN

1. Pemanfaatan BBM di sektor transportasi di masa depan masih akan dominan. Penerapan model kebutuhan dan penyediaan energi yang dilakukan cukup baik dalam berfungsi memberikan perangkat untuk memproyeksikan kebutuhan energi di masa depan.
2. Pada kajian Pengelolaan Energi Nasional untuk meningkatkan peran EBT dan Efisiensi diidentifikasi bahwa dengan menerapkan sumber energi berbasis EBT dapat diperoleh dampak yang lebih baik.
3. Dari sisi biaya, penerapan upaya mendorong salah satu EBT saja (misal BBN) belum besar dampaknya tetapi memerlukan biaya yang cukup besar. Namun, penerapan upaya mendorong berbagai jenis EBT secara bersamaan walaupun memerlukan biaya yang besar tetapi diikuti dengan manfaat yang cukup besar sehingga *net* biaya yang dikeluarkan relatif kecil dibandingkan hanya satu jenis EBT yang dikembangkan. Resultannya adalah kondisi yang lebih menguntungkan dari sisi pangsa EBT, biaya dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

BPPT. (2011) Outlook Energi Indonesia 2011. Jakarta. Indonesia

Center for Data and Information for Energy and Mineral Resources (CDIEMR), Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic

of Indonesia. (2010) *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*, Jakarta, Indonesia.

Kementerian ESDM, (2010). Peraturan Menteri ESDM no 19 tahun 2010 tentang Pemanfaatan Gas Bumi yang digunakan untuk transportasi. Jakarta.

Loulou, R., Goldstein, G., and Noble, K. (2004) *Documentation for the MARKAL Family of Models*, Energy Technology Systems Analysis Programme, October 2004.

Saaty, T., 2000. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*, vol VI of the AHP series.