

# Panduan Pengguna Untuk Sektor Transportasi

---

*Indonesia 2050 Pathway Calculator*

## Daftar Isi

1. Ikhtisar Sektor Transportasi .....	4
2. Metodologi.....	5
3. Asumsi .....	7
4. Hasil Pemodelan .....	36
5. Referensi .....	42

## Daftar Tabel

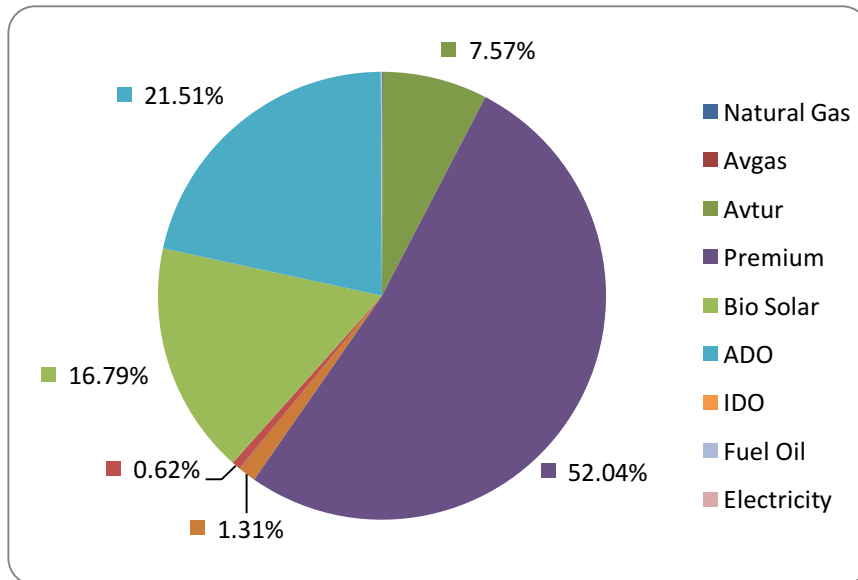
Tabel 1. Struktur model sektor transportasi .....	6
Tabel 2. Konsumsi bahan bakar sektor transportasi .....	7
Tabel 3. Pangsa angkutan barang Indonesia tahun 2006 .....	8
Tabel 4. Asumsi pangsa PDB untuk angkutan barang dan penumpang .....	9
Tabel 5. Pangsa PDB angkutan barang per jenis moda .....	9
Tabel 6. Proyeksi laju pertumbuhan PDB sub-sektor transportasi barang.....	10
Tabel 7. Konsumsi energi angkutan laut dan ASDP tahun 2011.....	10
Tabel 8. Konsumsi energi angkutan barang tahun 2011 .....	11
Tabel 9. Proyeksi laju pertumbuhan intensitas energi sub-sektor transportasi barang.....	12
Tabel 10. Asumsi pangsa PDB angkutan barang.....	13
Tabel 11. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang tahun 2050.....	15
Tabel 12. Jumlah unit kendaraan tahun dasar 2011 .....	18
Tabel 13. Jumlah penumpang rata-rata tahun dasar 2011 .....	19
Tabel 14. Jarak tempuh rata-rata tahun dasar 2011 .....	19
Tabel 15. Kandungan energi bahan bakar pada tahun dasar 2011 .....	20
Tabel 16. Konsumsi bahan bakar per jenis kendaraan .....	20
Tabel 17. Efisiensi energi kendaraan pribadi.....	21
Tabel 18. Level peralihan moda transportasi penumpang.....	24
Tabel 19. Level teknologi konvensional kendaraan penumpang perkotaan .....	25
Tabel 20. Level kendaraan penumpang berteknologi rendah emisi .....	27
Tabel 21. Jumlah unit kendaraan tahun dasar 2011 .....	27
Tabel 22. Jarak tempuh rata-rata tahun dasar 2011 .....	28
Tabel 23. Efisiensi energi angkutan umum .....	28
Tabel 24. Level bauran bahan bakar kendaraan penumpang antar kota.....	30
Tabel 25. PDB sektor transportasi udara.....	32
Tabel 26. Proyeksi pertumbuhan jumlah pesawat.....	32
Tabel 27. Intensitas energi sub-sektor transportasi udara tahun dasar 2011.....	33
Tabel 28. Estimasi proporsi umur pesawat tahun dasar 2011 .....	33
Tabel 29. Proyeksi proporsi umur armada pesawat.....	33
Tabel 30. Proyeksi intensitas energi sektor transportasi udara tahun 2050.....	35
Tabel 31. Level bauran bahan bakar sub-sektor transportasi udara tahun 2050.....	36

## Daftar Gambar

Gambar 1. Bauran bahan bakar sektor transportasi tahun 2011.....	4
Gambar 2. Klasifikasi sektor transportasi I2050PC.....	5
Gambar 3. Proyeksi pertumbuhan PDB sub-sektor transportasi barang .....	10
Gambar 4. Efisiensi energi kendaraan mobil pribadi hingga tahun 2050.....	21
Gambar 5. Proyeksi pertumbuhan jumlah pesawat.....	32
Gambar 6. Permintaan energi sub-sektor transportasi barang.....	37
Gambar 7. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang jalan raya.....	37
Gambar 8. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang kereta api.....	37
Gambar 9. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang laut .....	38
Gambar 10. Permintaan energi sub-sektor transportasi penumpang .....	38
Gambar 11. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi penumpang perkotaan – kendaraan penumpang .....	39
Gambar 12. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi penumpang perkotaan – sepeda motor ...	39
Gambar 13. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi penumpang perkotaan – bus besar .....	39
Gambar 14. Bauran teknologi rendah emisi sub-sektor transportasi penumpang perkotaan.....	40
Gambar 15. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi penumpang antar kota .....	40
Gambar 16. Permintaan energi sub-sektor transportasi udara .....	40
Gambar 17. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi udara.....	41
Gambar 18. Perbandingan total permintaan energi transportasi untuk skenario level 1 dan 4 .....	41

## 1. Ikhtisar Sektor Transportasi

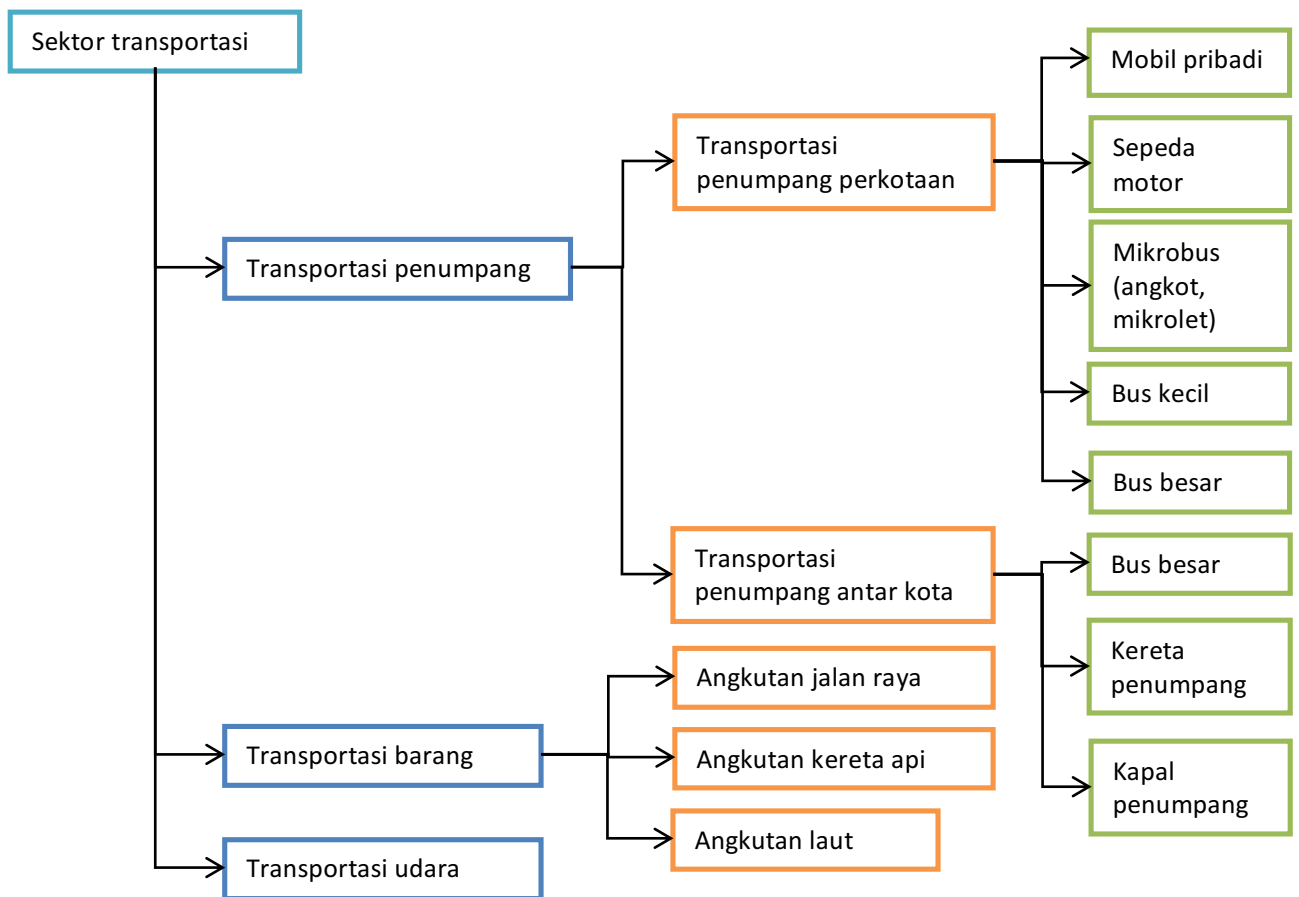
Penggunaan energi di sektor transportasi pada tahun 2011 mencakup 37,68% dari total konsumsi energi, menempati urutan kedua setelah sektor industri. Konsumsi energi di sektor transportasi pada tahun 2011 mencapai 277,36 juta SBM (setara barel minyak) dengan bauran bahan bakar yang terdiri dari 52% bensin; 21% minyak solar; 8% biosolar B5; 0,01% minyak diesel; 0,06% minyak bakar; 0,07% gas alam; 0,005% avgas; dan 17% avtur (PUSDATIN ESDM 2012a).



**Gambar 1. Bauran bahan bakar sektor transportasi tahun 2011 (PUSDATIN ESDM 2012a)**

Kebijakan pemerintah di sektor transportasi mencakup pentingnya peran sektor transportasi dalam mendukung pembangunan dan integrasi nasional. Hal ini merupakan bagian dari upaya memajukan kesejahteraan umum sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan.

Sektor transportasi pada I2050PC dibagi menjadi 3 sub-sektor, yaitu (1) sub-sektor transportasi penumpang yang mencakup transportasi jalan raya, transportasi berbasis rel, dan transportasi laut; (2) sub-sektor transportasi barang yang mencakup transportasi jalan raya, transportasi berbasis rel, dan transportasi laut; serta (3) sub-sektor transportasi udara. Sub-sektor transportasi penumpang terdiri dari dua bagian, yaitu transportasi perkotaan dan transportasi antar kota. Klasifikasi sektor transportasi disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Klasifikasi sektor transportasi I2050PC**

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan sub-sektor transportasi penumpang mencakup pertumbuhan jumlah kendaraan, pertumbuhan infrastruktur angkutan umum, pertumbuhan tata ruang perkotaan dan kualitas pelayanan angkutan umum. Sub-sektor transportasi barang akan meningkat seiring dengan pertumbuhan sektor industri. Sub-sektor transportasi udara diproyeksikan meningkat sebagai alat transportasi yang sesuai untuk negara kepulauan.

## 2. Metodologi

Permintaan energi di sektor transportasi dalam pemodelan ini dihitung dengan menggunakan metode ASIF yang dikembangkan oleh Lee Schipper (2000). Metode ini telah banyak digunakan sebagai acuan perhitungan emisi dari sektor transportasi, misalnya pada studi yang dilakukan oleh *International Energy Agency* (IEA), *Asian Development Bank* (ADB), dan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Pendekatan ini mengakomodasi berbagai faktor yang mempengaruhi emisi gas rumah kaca, yaitu kegiatan transportasi (*Activity*), bauran jenis kendaraan yang digunakan dalam melakukan kegiatan transportasi (*Structure*), tingkat penggunaan energi per satuan unit pergerakan (*Intensity*), dan jenis bahan bakar yang digunakan untuk melakukan perjalanan (*Fuel type*).

$$G = A \times S \times I \times F$$

- G Emisi gas rumah kaca dari transportasi.
- A Aktivitas perjalanan baik penumpang maupun angkutan barang, yaitu dalam satuan km-penumpang atau km-ton barang. Aktivitas dapat dihitung dari jumlah kendaraan, jarak tempuh perjalanan dan faktor okupansi atau kapasitas rata-rata kendaraan.
- S Struktur diartikan sebagai moda kendaraan yang digunakan termasuk transportasi non-kendaraan bermotor seperti berjalan kaki dan bersepeda.
- I Intensitas energi diperoleh dari kandungan energi bahan bakar per satuan perjalanan, contohnya liter bahan bakar per km-penumpang gerak. Intensitas energi bahan bakar dipengaruhi oleh jenis bahan bakar, teknologi kendaraan, cara berkendara (misalnya berkendara dalam kondisi jalan macet), dan faktor okupansi.
- F Kandungan karbon dari bahan bakar merepresentasikan emisi karbon yang dilepas ke lingkungan untuk setiap satuan energi yang dikonsumsi (kilogram CO<sub>2</sub>/ Mega Joule). Salah satu referensi yang digunakan secara global untuk parameter ini yaitu koefisien emisi yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

Penyusunan model I2050PC ini menggunakan permintaan energi sebagai dasar perhitungan emisinya. Adapun perhitungan permintaan energi dari sektor transportasi menggunakan metode ASIF yang disederhanakan sebagai berikut:

$$\text{Permintaan energi} = \text{aktivitas} \times \text{intensitas pemakaian energi}$$

Variabel aktivitas pada sub-sektor transportasi barang dihitung berdasarkan data PDB dan data pendukung lain. Data PDB digunakan karena dua alasan. Pertama, keterbatasan data aktivitas perjalanan angkutan barang. Selain itu, data PDB dapat digunakan untuk memperkirakan data-data sektor transportasi yang banyak tersedia dalam bentuk agregat dan belum terbagi ke dalam tiap sub-sektor. Kedua, data PDB memberi gambaran kecenderungan pertumbuhan sub-sektor berdasarkan data historis untuk dijadikan acuan dalam melakukan proyeksi ke depan. Pendekatan ini juga digunakan pada penyusunan Rencana Aksi Nasional Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) di bidang transportasi untuk angkutan barang dan angkutan udara. Untuk sub-sektor transportasi penumpang, aktivitas dihitung dengan menggunakan data jarak tempuh kendaraan dan jumlah kendaraan. Untuk sub-sektor transportasi udara, variable aktivitas dihitung dengan menggunakan data jumlah pesawat. Struktur model sektor transportasi disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Struktur model sektor transportasi**

Struktur	Aktivitas	Satuan intensitas energi
Transportasi penumpang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak tempuh Jumlah unit per jenis kendaraan</li> <li>• Jumlah unit per jenis kendaraan</li> </ul>	SBM/jarak tempuh/ jenis kendaraan/ tahun
Transportasi barang	PDB	SBM/rupee/tahun
Transportasi udara	Jumlah unit pesawat	SBM/unit/tahun

Data mentah konsumsi bahan bakar untuk sektor transportasi tahun dasar untuk pemodelan I2050PC diambil dari hasil Studi BPPT tahun 2012 untuk konsumsi bahan bakar per jenis kendaraan dan jumlah kendaraan berdasarkan *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2012* (lihat Tabel 2).

**Tabel 2. Konsumsi bahan bakar sektor transportasi (Sugiyono 2012, PUSDATIN ESDM 2012a)**

Moda transportasi	Jenis kendaraan	Jenis bahan bakar	Konsumsi bahan bakar (juta SBM)
Angkutan Jalan raya	Mobil Penumpang	Bensin	66,27
		Minyak Solar	2,02
		Biodiesel B5	1,19
	Bus Kecil	Bensin	4,05
		Minyak Solar	1,60
	Bus Sedang	Biodiesel B5	1,72
		Minyak Solar	6,64
	Bus Besar	CNG	0,18
		Bensin	5,84
	Truk Kecil	Minyak Solar	34,32
		Biodiesel B5	38,62
	Truk Sedang	Minyak Solar	6,56
		Biodiesel	5,06
	Truk Besar	Bensin	73,52
Minyak Solar		1,20	
Kereta Api	Penumpang	Listrik	0,05
	KRL	Minyak Solar	0,14
	Barang	Minyak Solar	7,19
Angkutan laut (ASDP dan Antar Pulau/Internasional)		Minyak Diesel	0,03
		Minyak Bakar	0,16
		Avgas	0,01
Angkutan udara		Avtur	20,98
		TOTAL	277,36

Penentuan asumsi dalam *one pager* dan parameter yang mempengaruhi proyeksi permintaan energi hingga tahun 2050 dilakukan berdasarkan *expert judgement* dan melalui *stakeholder consultation* dengan pemerintah, pelaku usaha, asosiasi dan kalangan akademisi.

### 3. Asumsi

Transportasi barang masih didominasi angkutan jalan raya sebesar 93,5%; diikuti 6% dengan moda angkutan laut; 0,23% moda angkutan kereta api; dan 0,02% moda angkutan udara (lihat Tabel 3). Sejak tahun 2011 melalui Perpres No.26 tahun 2012 tentang Sistem Logistik Nasional, Indonesia mempunyai arah kebijakan pengembangan sub-sektor angkutan barang nasional. Sebelumnya,



kebijakan di sub-sektor angkutan barang lebih berupa kebijakan parsial yang terkait dengan perizinan usaha angkutan, standar dan spesifikasi kendaraan angkutan barang, serta ketentuan dalam kegiatan pengangkutan lainnya yang belum mengarah pada pembangunan sistem angkutan barang yang efisien dan berdaya saing. Tidak adanya sistem angkutan barang yang terstruktur dengan baik dengan mekanisme kerja dan standar teknis yang jelas mengakibatkan buruknya kinerja logistik Indonesia dibandingkan negara ASEAN lainnya, belum lagi biaya logistik yang sangat tinggi (World Bank 2013).

**Tabel 3. Pangsa angkutan barang Indonesia tahun 2006 (UNCRD 2006)**

Moda transportasi	Transportasi jalan raya		Transportasi rel		Transportasi penyeberangan		Transportasi laut		Transportasi udara		Total	Pangsa
	kton/tahun	pangsa	kton/tahun	pangsa	kton/tahun	pangsa	kton/tahun	pangsa	kton/tahun	pangsa		
Pulau/Kepulauan												
Sumatera	807.972	90,7%	1.636	0,2%	-	0%	80.776	9,1%	160	0,0%	890.545	10%
Jawa	7.605.578	95,7%	19.023	0,2%	-	0%	321.861	4,0%	1.029	0,0%	7.947.491	87%
Bali,NTB,NTT	75.773	93,5%	15	0,0%	-	0%	5.147	6,4%	102	0,1%	81.037	1%
Kalimantan	4.146	11,0%	2	0,0%	109	0%	33.444	88,5%	73	0,2%	37.775	0%
Sulawesi	85.692	39,5%	227	0,1%	-	0%	130.091	60,0%	746	0,3%	216.756	2%
Maluku, Papua	11	0,4%	-	0,0%	-	0%	2.859	98,9%	22	0,8%	2.892	0%
<b>Indonesia</b>	<b>8.579.173</b>	<b>93,5%</b>	<b>20.903</b>	<b>0,23%</b>	<b>109</b>	<b>0%</b>	<b>574.178</b>	<b>6,3%</b>	<b>2.133</b>	<b>0,02%</b>	<b>9.176.496</b>	<b>100%</b>

Sumber: *Survey of Origin Destination of National Transportation*, MOT 2006

Sub-sektor transportasi barang mencakup 3 moda transportasi, yaitu transportasi jalan raya dengan menggunakan truk, transportasi berbasis rel dengan menggunakan kereta bermesin diesel dan transportasi laut. Skenario *one pager* untuk sub-sektor transportasi barang mencakup peralihan moda transportasi barang yang menitikberatkan pada angkutan rel dan angkutan laut; serta bauran bahan bakar yang mempengaruhi emisi gas rumah kaca hingga tahun 2050. Skenario ini disusun berdasarkan arah kebijakan pemerintah akibat dominasi angkutan barang jalan raya dan tingginya penggunaan BBM. Perhitungan permintaan energi untuk sub-sektor transportasi barang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Permintaan energi} = \text{PDB} \times \text{Intensitas energi}$$

Berdasarkan persamaan di atas, untuk melakukan proyeksi permintaan energi sub-sektor transportasi barang, diperlukan perhitungan pendahuluan proyeksi PDB sub-sektor dan proyeksi intensitas energi. Dengan demikian, asumsi tetap dalam pemodelan permintaan energi sub-sektor transportasi barang mencakup data PDB sub-sektor dan intensitas energi pada tahun dasar 2011, serta laju pertumbuhan PDB dan laju pertumbuhan intensitas energi.

a. **Asumsi Tetap/Fixed assumption**

**1. PDB sub-sektor transportasi barang pada tahun dasar**

Untuk memperoleh estimasi PDB sub-sektor transportasi barang, terlebih dahulu ditetapkan asumsi dasar untuk menentukan pangsa PDB angkutan penumpang dan angkutan barang dari data agregat PDB yang tersusun berdasarkan moda transportasi (BPS 2014). Asumsi dasar perhitungan pangsa tersebut ditentukan berdasarkan *expert judgement* tim penyusun model sebagaimana disajikan pada Tabel 4, kolom 3 dan 4. Untuk angkutan rel, rasio pendapatan PT. KAI untuk angkutan rel penumpang dan barang pada tahun dasar menjadi dasar asumsi penentuan pangsa PDB. Sedangkan untuk moda angkutan lainnya, pangsa PDB untuk angkutan barang berkontribusi secara langsung terhadap aktivitas PDB sektor tersebut. Setelah nilai dasar pangsa angkutan penumpang dan angkutan barang ditetapkan, pangsa angkutan barang dihitung untuk nilai PDB pada tahun 2011, yang merupakan tahun dasar. Hasil hitungan pangsa angkutan barang untuk PDB tiap jenis moda dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 4. Asumsi pangsa PDB untuk angkutan barang dan penumpang**

Moda transportasi	PDB harga konstan 2011 (milyar rupiah)	Pangsa angk. Penumpang	Pangsa angk. Barang	PDB angkutan penumpang	PDB angkutan barang
1	2	3	4	5	6
1). Angkutan Jalan raya	38.339	50%	50%	19.169	19.169
2). Angkutan Rel	798	57,3%	42,7%	457	341
3). Angkutan laut	9.157	20%	80%	1.831	7.325
4). ASDP	3.083	60%	40%	1.850	1.233
			TOTAL	23.308	28.069

**Tabel 5. Pangsa PDB angkutan barang per jenis moda**

Moda angkutan barang	Pangsa PDB
Angkutan jalan raya	68,29%
Angkutan rel	1,22%
Angkutan laut (termasuk ASDP)	30,49%
TOTAL	100%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

**2. Proyeksi pertumbuhan PDB sub-sektor transportasi barang**

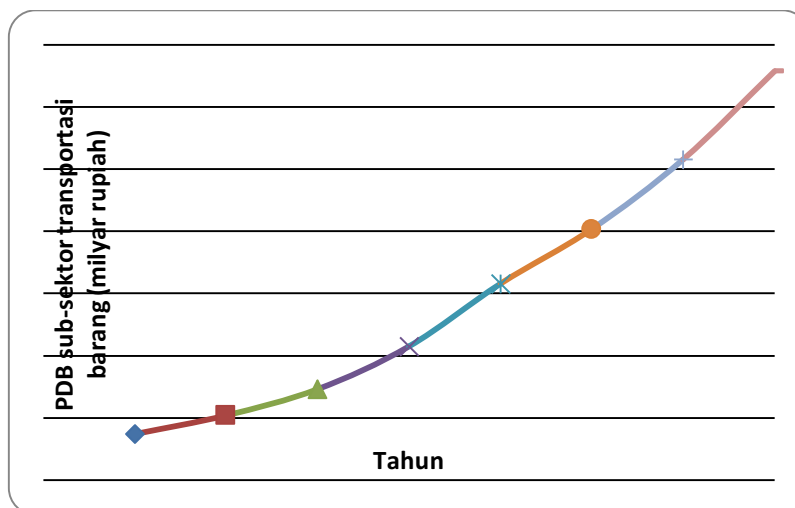
Pertumbuhan PDB sub-sektor transportasi barang diperkirakan cenderung tinggi hingga tahun 2035 seiring dengan pertumbuhan ekonomi khususnya sektor industri (berdasarkan hasil *stakeholder consultation*, September 2014). Proyeksi laju pertumbuhan jumlah pesawat diasumsikan sebesar 7% per tahun hingga tahun 2025 kemudian naik menjadi 8% hingga tahun 2035 dan kembali melemah

menjadi 5% hingga tahun 2050 (lihat Tabel 6). Asumsi laju pertumbuhan PDB didasarkan pada laju pertumbuhan ekonomi 7% berdasarkan pemodelan KP3EI.

**Tabel 6. Proyeksi laju pertumbuhan PDB sub-sektor transportasi barang**

Tahun	2025	2035	2050
Pertumbuhan PDB per tahun	7%	8%	5%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*



**Gambar 3. Proyeksi pertumbuhan PDB sub-sektor transportasi barang**

### 3. Konsumsi energi total sub-sektor transportasi barang pada tahun dasar

Estimasi konsumsi energi sub-sektor transportasi barang dengan moda truk dan kereta pada tahun 2011 diperoleh dari Studi BPPT (Sugiyono 2012) untuk konsumsi energi per jenis moda kendaraan. Selanjutnya, untuk transportasi barang dengan moda angkutan laut dan ASDP, konsumsi energi diasumsikan sesuai dengan pangsa PDB (lihat Tabel 7). Dengan demikian, diperoleh estimasi konsumsi energi total dan bauran bahan bakar untuk sub-sektor transportasi barang pada tahun dasar (Tabel 8).

**Tabel 7. Konsumsi energi angkutan laut dan ASDP tahun 2011**

Jenis bahan bakar	Konsumsi bahan bakar (juta sbm)	Asumsi pangsa energi angkutan barang (SBM)	Pangsa energi angkutan penumpang (SBM)	Konsumsi energi angkutan barang (SBM)	Pangsa konsumsi energi angkutan barang
ADO	7,189	40%	60%	2.875.543	95,13%
IDO	0,026	80%	20%	20.800	0,69%
MFO	0,158	80%	20%	126.400	4,18%

**Tabel 8. Konsumsi energi angkutan barang tahun 2011 (Sugiyono 2012)**

<b>Moda angkutan barang</b>	<b>Jenis bahan bakar</b>	<b>Konsumsi energi angkutan barang (SBM)</b>	<b>Bauran bahan bakar</b>
Angkutan jalan raya	Bensin	5.842.554,32	6,46%
	Minyak Solar	82.373.563,07	91,12%
	Biodiesel	2.183.871,82	2,41%
Sub-total		90.399.989,21	100%
Angkutan kereta api	Minyak Solar	140.556,07	100%
	Biodiesel	-	0%
	Listrik	-	0%
Sub-total		140.556,07	100%
Angkutan laut	Minyak Solar	2.875.543,30	95,13%
	Minyak Diesel	20.800	0,69%
	Minyak Bakar	126.400	4,18%
	Biodiesel	0	0%
	BBG	0	0%
Sub-total		3.022.743,30	100%

#### **4. Proyeksi pertumbuhan intensitas energi sub-sektor transportasi barang**

Pertumbuhan intensitas energi sub-sektor transportasi barang diasumsikan seperti pada Tabel 9 berikut. Asumsi ini berdasarkan data historis laju pertumbuhan rata-rata intensitas energi untuk agregat sektor transportasi jalan raya, transportasi berbasis rel dan laut dari tahun 2004 hingga tahun 2011, yaitu sebesar 2%. Pertumbuhan intensitas energi ini dihitung berdasarkan agregat konsumsi energi sektor transportasi jalan raya, transportasi berbasis rel dan laut dan data agregat PDB sektor terkait (BPS 2014, PUSDATIN ESDM 2012a). Dengan demikian, laju pertumbuhan intensitas energi sub-sektor transportasi barang diproyeksikan di bawah 2%. Laju pertumbuhan intensitas untuk moda angkutan laut cenderung lebih tinggi daripada angkutan jalan raya dan angkutan rel untuk mengakomodasi peralihan moda transportasi ke angkutan laut. Intensitas energi di sektor ini tidak berbanding lurus dengan peningkatan efisiensi angkutan karena inovasi teknologi. Namun, intensitas energi pada sektor transportasi barang diasumsikan terus meningkat hingga tahun 2050 karena lebih dipengaruhi oleh pertumbuhan infrastruktur yang masih akan terus berlangsung sehingga menyebabkan peningkatan aktivitas sektor.

**Tabel 9. Proyeksi laju pertumbuhan intensitas energi sub-sektor transportasi barang**

Moda angkutan barang	Tahun		
	2025	2035	2050
Angkutan jalan raya	0,5%	0,75%	1%
Angkutan rel	0,5%	0,75%	1%
Angkutan laut (termasuk ASDP)	0,5%	1%	1,5%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

**b. Asumsi Level/Trajectory assumption**

Asumsi *trajectory* untuk sub-sektor transportasi barang mencakup pangsa PDB sub-sektor untuk tiap jenis moda transportasi dan bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang hingga tahun 2050.

**1. Proyeksi pangsa PDB transportasi barang per jenis moda**

Pangsa PDB transportasi barang per jenis moda akan mengalami pergeseran. Moda truk yang mendominasi pangsa angkutan barang diasumsikan akan mulai terganti dengan angkutan barang berbasis rel dan kapal. Peningkatan pangsa moda rel dan kapal disebabkan oleh kebijakan pemerintah tentang pembangunan infrastruktur kereta api dan dengan angkutan laut. Pangsa kapal akan meningkat dengan kebijakan Tol Laut yang akan membangun 24 pelabuhan besar di Indonesia dan menyusun ulang struktur dan sistem rantai pasokan transportasi laut. Di sisi lain, pangsa angkutan rel barang meningkat dengan kebijakan pembangunan jalur ganda sisi selatan Jawa, rel Trans Sumatera, rel Trans Sulawesi, dan rel Trans Kalimantan. Penggunaan moda rel dan kapal yang lebih efisien diharapkan dapat mengurangi pangsa konsumsi energi sub-sektor transportasi barang hingga tahun 2050. Skenario level 1 hingga 4 untuk pangsa PDB transportasi barang per jenis moda dijabarkan sebagai berikut.

**Level 1**

Level 1 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 angkutan barang masih banyak menggunakan truk, dibandingkan kereta api dan kapal laut. Kapasitas rel kereta api bertambah dengan adanya jalur rel ganda di Pulau Jawa dan pembangunan jaringan kereta api di 5 pulau utama yang telah mencapai 20%. Pangsa PDB sektor angkutan barang pada tahun 2050 sama dengan tahun dasar, yaitu 2,39% dengan mode kereta api dan 30,13% dengan mode angkutan laut.

**Level 2**

Level 2 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 kapasitas jaringan rel kereta api meningkat dengan pembangunan jaringan kereta api di 5 pulau utama yang telah mencapai 40%. Selain itu, perbaikan

infrastruktur pelabuhan sudah dilakukan di wilayah barat Indonesia. Hal ini berpengaruh pada peningkatan pangsa PDB sektor angkutan barang dengan kereta api menjadi 5% dan angkutan laut menjadi 35% pada tahun 2050.

### **Level 3**

Level 3 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 kapasitas jaringan rel kereta api meningkat dengan pembangunan jaringan kereta api di 5 pulau utama yang telah mencapai 60%. Selain itu, perbaikan infrastruktur pelabuhan sudah dilakukan di wilayah barat dan tengah Indonesia. Hal ini berpengaruh pada peningkatan pangsa PDB sektor angkutan barang dengan kereta api menjadi 19% dan angkutan laut menjadi 38% pada tahun 2050.

### **Level 4**

Level 4 mengasumsikan pada tahun 2050 pembangunan di wilayah timur Indonesia telah meningkat secara signifikan sehingga meningkatkan tingkat *load factor* kapal laut di wilayah tersebut dan mendorong pelaksanaan efektif program Tol Laut. Pangsa angkutan barang melalui jalan raya semakin rendah dan digantikan oleh kereta api dan kapal laut. Jaringan kereta api berkembang dengan pembangunan jaringan kereta api di 5 pulau utama yang telah mencapai 100%. Hal ini mempengaruhi peningkatan pangsa PDB sektor angkutan barang dengan kereta api menjadi 15% dan angkutan laut menjadi 42,5% pada tahun 2050.

**Tabel 10. Asumsi pangsa PDB angkutan barang**

<b>Moda</b>	<b>Level 1 2050</b>	<b>Level 2 2050</b>	<b>Level 3 2050</b>	<b>Level 4 2050</b>
Truk	68,29%	60%	53%	42,5%
Kereta api	1,22%	5%	19%	15%
Kapal	30,49%	35%	15%	42,5%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

## **2. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang**

Saat ini, angkutan barang bertumpu pada kendaraan berbahan bakar BBM (Sugiyono 2012). Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi barang, bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang diarahkan pada peningkatan penggunaan bahan bakar nabati, yaitu biodiesel untuk angkutan jalan raya dan BBG untuk angkutan laut. Saat ini telah dilakukan uji coba penggunaan BBG untuk kapal laut. Sedangkan penggunaan BBM untuk angkutan jalan raya dapat dikurangi dengan pencampuran BBN hingga

maksimum 20% dengan teknologi mesin yang ada saat ini. Hal ini sesuai dengan kebijakan pemerintah tentang pemanfaatan bahan bakar nabati yang tertuang dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.20 Tahun 2014.

Skenario untuk level 1 pada bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang menggambarkan keadaan saat ini yang tidak terpengaruh oleh kebijakan sehingga bauran bahan bakar pada tahun 2050 sama dengan tahun dasar 2011. Level 2 mengasumsikan kondisi yang telah mengakomodasi kebijakan yang ada saat ini. Level 4 mengasumsikan kondisi sangat optimis untuk pemanfaatan bahan bakar nabati, yaitu setengah dari kebutuhan minyak solar telah digantikan oleh biodiesel murni. Sedangkan level 3 adalah kondisi di antara level 2 dan level 4 dengan menggunakan beberapa asumsi hasil konsultasi dengan para pemangku kepentingan dan tim inti penyusun model. Untuk angkutan laut, saat ini telah dilakukan uji coba penggunaan BBG untuk angkutan laut oleh PT. PELNI. Hal ini mendasari proyeksi pangsa konsumsi minyak solar yang semakin menurun hingga tahun 2050 di tiap level. Sesuai hasil konsultasi dengan para pemangku kepentingan, perubahan bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang diproyeksikan secara linear hingga tahun 2050.

### **Level 1**

Level 1 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 pangsa penggunaan biodiesel murni di sektor angkutan barang masih sama dengan tahun dasar yaitu 2,42% untuk moda truk. Bahan bakar alternatif belum dimanfaatkan untuk kereta barang. BBG diasumsikan telah digunakan untuk angkutan laut hingga pangasanya mencapai 2%.

### **Level 2**

Level 2 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 penggunaan BBG di sektor transportasi laut mencapai 5% dengan pembangunan infrastruktur distribusi BBG di pelabuhan-pelabuhan utama. Pangsa penggunaan biodiesel meningkat hingga 30% untuk angkutan jalan raya sesuai Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.20 Tahun 2014. Pangsa BBN untuk kereta api barang mencapai 10% pada tahun 2050.

### **Level 3**

Level 3 mengasumsikan pangsa penggunaan biodiesel mencapai 40% untuk angkutan jalan raya dengan adanya teknologi *flexible fuel vehicle*. Pangsa penggunaan biodiesel untuk kereta api barang mencapai 15% pada tahun 2050. Pangsa penggunaan BBG di sektor angkutan laut telah mencapai 10% karena adanya kebijakan pemerintah tentang kewajiban penggunaan BBG untuk kapal laut.

#### Level 4

Level 4 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 sektor kelautan telah menggunakan BBG sebesar 20% dari total bauran energinya dikarenakan pembangunan infrastruktur distribusi BBG yang semakin meluas. Pangsa penggunaan biodiesel telah mencapai 50% untuk sektor angkutan jalan raya dengan adanya teknologi mesin kendaraan untuk biodiesel murni. Pangsa biodiesel untuk kereta api barang telah mencapai 30% pada tahun 2050.

**Tabel 11. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang tahun 2050**

Kendaraan	Teknologi	Level 1 2050	Level 2 2050	Level 3 2050	Level 4 2050
Truk	biodiesel	2,42%	30%*	40%*	50%*
		*) dari total kebutuhan minyak solar			
Kereta api	biodiesel	0%	10%	15%	30%
Angk.laut	BBG	2%	5%	10%	20%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

#### Sub-sektor Transportasi Penumpang

Saat ini transportasi penumpang dengan kendaraan bermotor masih didominasi dengan penggunaan mobil penumpang dan sepeda motor. Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang tidak terkendali menyebabkan masalah kemacetan khususnya di daerah perkotaan. Jumlah unit kendaraan bermotor saat ini telah jauh melebihi kapasitas jalan yang ada. Penggunaan kendaraan umum termasuk bus kecil (mikrolet, KWK), taksi, bus besar dan kereta api masih terbatas akibat buruknya pelayanan sistem angkutan umum yang ada saat ini (Kemen PU 2009). Fokus kebijakan pemerintah saat ini adalah mendorong peralihan moda transportasi dari kendaraan pribadi ke transportasi publik untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi gas rumah kaca. Di perkotaan, sistem *Bus Rapid Transit* (BRT) dan *Mass Rapid Transit* (MRT) menjadi solusi jangka panjang untuk mengurangi intensitas energi di sektor transportasi. Peralihan moda kendaraan pribadi ke angkutan umum tersebut dapat dicapai jika operasi angkutan umum massal berjalan sesuai dengan standar pelayanan yang baik, yaitu aman, nyaman dan dapat diandalkan (PUSDATIN ESDM 2012b).

Permen ESDM No. 0031 Tahun 2005 pasal 5 mengatur tentang pelaksanaan penghematan energi pada transportasi dengan mendorong penggunaan BBM jenis pertamax untuk kendaraan pribadi dan BBG untuk kendaraan umum. Peraturan ini bertujuan untuk menurunkan subsidi BBM yang sebagian besar dikonsumsi untuk penggunaan kendaraan pribadi. Hal ini karena BBM masih mendominasi



bauran energi di sektor transportasi penumpang. Selanjutnya, potensi sumber daya minyak bumi akan semakin menurun di masa yang akan datang (PUSDATIN ESDM 2012b).

Secara umum, kebijakan pemerintah terkait angkutan umum perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan standar pelayanan armada bus kota;
2. Pembatasan penggunaan kendaraan pribadi melalui persyaratan kepemilikan kendaraan;
3. Mendorong penggunaan angkutan massal berbasis BRT dan rel;
4. Diversifikasi bahan bakar;
5. Mendorong pengembangan sistem manajemen lalu lintas di perkotaan;
6. Mendorong pengembangan teknologi untuk membatasi penggunaan kendaraan pribadi, seperti *electronic road pricing* (ERP);
7. Mendorong kebiasaan berjalan kaki sebagai moda transportasi dengan mengembangkan fasilitas yang nyaman untuk pejalan kaki;
8. Mendorong penggunaan *off street parking* (kantong parkir dan gedung parkir) dengan melakukan pembatasan *on street parking* pada jalan-jalan utama di perkotaan (Hubdat 2014).

Sub-sektor transportasi penumpang mencakup 3 moda transportasi, yaitu transportasi jalan raya, transportasi berbasis rel berteknologi listrik, dan transportasi laut. Sub-sektor ini terdiri dari dua bagian, yaitu transportasi perkotaan dan transportasi antar kota. Skenario *one pager* untuk sub-sektor transportasi penumpang mencakup peralihan moda transportasi penumpang yang menitikberatkan pada angkutan massal; serta teknologi kendaraan konvensional dan teknologi maju rendah emisi yang mempengaruhi intensitas energi per jenis kendaraan bauran bahan bakar. Skenario ini didasarkan pada arah kebijakan pemerintah untuk mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dan mengalihkan pada angkutan umum yang lebih efisien, serta mengakomodasi penggunaan teknologi kendaraan yang lebih ramah lingkungan.

Perhitungan permintaan energi sub-sektor transportasi penumpang dibagi menjadi transportasi penumpang perkotaan dan antar kota. Hal ini didasarkan pada kecenderungan terjadinya urbanisasi yang terus meningkat. Diperkirakan 70% penduduk Indonesia akan tinggal di perkotaan pada tahun 2020 (Dirjen Tata Ruang Kemen PU 2013). Sedangkan pergerakan penumpang selain di perkotaan yang jumlahnya cukup besar adalah pergerakan antar kota. Metode perhitungan permintaan dilakukan dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

***Permintaan energi = jumlah kendaraan x jarak tempuh per kendaraan x intensitas energi***

Berdasarkan persamaan (4) di atas, untuk melakukan proyeksi permintaan energi sub-sektor transportasi penumpang, diperlukan perhitungan pendahuluan proyeksi jumlah kendaraan, proyeksi jarak tempuh perjalanan dan proyeksi intensitas energi. Dengan demikian, asumsi tetap dalam pemodelan permintaan energi sub-sektor transportasi penumpang mencakup data jumlah unit kendaraan, jarak tempuh perjalanan dan intensitas energi pada tahun dasar 2011. Data tahun dasar kemudian diproyeksikan hingga tahun 2050 dengan asumsi laju pertumbuhan berdasarkan asumsi *expert judgement*.

Peralihan moda transportasi penumpang dihitung berdasarkan asumsi jumlah kendaraan pribadi yang digantikan oleh kendaraan umum. Jumlah unit kendaraan menjadi dasar perhitungan jumlah penumpang yang beralih ke angkutan umum dan berapa jumlah unit angkutan umum yang dibutuhkan untuk mengakomodasi peralihan penumpang tersebut. Pada persamaan di atas, jumlah kendaraan pribadi telah mengakomodasi pengurangan akibat peralihan ke angkutan umum. Begitu juga dengan jumlah kendaraan umum, yaitu telah mencakup penambahan unit akibat peralihan moda. Untuk memperhitungkan aktivitas perjalanan per penumpang, maka parameter jumlah perjalanan per tahun untuk tiap jenis kendaraan dimasukkan dalam perhitungan sebagai berikut:

$$Nu = Np \times Jp \times Kp / (Ju \times Ku)$$

di mana:

- Nu = Jumlah unit angkutan umum
- Np = Jumlah unit kendaraan pribadi yang mengalami peralihan moda
- Jp = Jumlah perjalanan kendaraan pribadi per tahun
- Kp = Jumlah penumpang rata-rata kendaraan pribadi
- Ju = Jumlah perjalanan kendaraan pribadi per tahun
- Ku = Kapasitas rata-rata angkutan umum

Berdasarkan persamaan di atas, untuk melakukan proyeksi penambahan jumlah unit kendaraan umum akibat peralihan moda, diperlukan perhitungan pendahuluan kapasitas rata-rata angkutan umum dan proyeksi jumlah penumpang rata-rata kendaraan pribadi hingga 2050. Perhitungan ini juga menjadi asumsi tetap untuk memperoleh proyeksi pemodelan permintaan energi sub-sektor transportasi penumpang perkotaan.

## Sub-sektor Transportasi Penumpang Perkotaan

### a. Asumsi Tetap/*Fixed assumption*

#### 1. Pertumbuhan jumlah unit kendaraan

Pertumbuhan jumlah unit kendaraan transportasi penumpang untuk transportasi perkotaan dihitung dengan menggunakan beberapa asumsi berdasarkan jumlah kendaraan tahun dasar 2011 dan data historis statistik BPS dari tahun 2004 (BPS 2014). Proyeksi laju pertumbuhan jumlah unit kendaraan diasumsikan sama dengan laju pertumbuhan secara historis (CAGR) dari tahun 2004. Mengacu pada studi literatur tentang fenomena motorisasi dan kepemilikan kendaraan di beberapa negara, diasumsikan bahwa pertumbuhan jumlah mobil melambat pada saat pendapatan per kapita telah mencapai USD 10.000 (Dargay et al. 2007). Di sisi lain, pertumbuhan jumlah unit sepeda motor diasumsikan stagnan setelah rasio antara sepeda motor dan jumlah penduduk mencapai 1 banding 2, sesuai dengan rata-rata ukuran keluarga di Indonesia dan adanya kecenderungan penduduk untuk membeli mobil setelah sepeda motor kedua atau ketiga (berdasarkan *expert judgement*). Pertumbuhan jumlah unit angkutan umum hingga tahun 2050 diasumsikan sama dengan data historis. Data jumlah unit *commuter line* Jabodetabek diperoleh dari PT. KCI. Pertumbuhan jumlah unit *commuter line* diasumsikan meningkat lima kali lipat pada tahun 2050 sesuai target pemerintah untuk membangun transportasi massal ini di lima kota besar sesuai dengan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) periode 2010-2014.

**Tabel 12. Jumlah unit kendaraan tahun dasar 2011**

Jenis kendaraan	Jumlah unit kendaraan	Referensi
Mobil	8.828.000	BPS
Sepeda motor	61.133.000	BPS
Mikrobus (angkot, mikrolet)	1.684.000	BPPT
Bus kecil	178.000	BPPT
Bus besar	468.848	BPPT
<i>Commuter line, MRT, monorail</i>	30 rangkaian	PT. KCI

#### 2. Jumlah penumpang per jenis kendaraan

Jumlah penumpang rata-rata kendaraan diasumsikan berdasarkan studi yang pernah dilakukan dan angka *load factor* angkutan umum berdasarkan *expert judgement* (lihat Tabel 13). Kapasitas rata-rata angkutan umum yaitu kapasitas maksimum kendaraan dikali *load factor*, yaitu nilai empiris persentase kapasitas kendaraan yang terisi penumpang. Data *load factor* kendaraan pribadi pada tahun dasar mengacu kepada studi JABODETABEK *Urban Transportation Policy Integration Project* (JUTPI) pada tahun 2011 dan studi JABODETABEK *Public Transportation Policy Implementation*

*Strategy* (JAPTraPIS) oleh JICA pada tahun 2012. Sedangkan *load factor* kendaraan angkutan umum dan kereta api diambil dari Perhubungan Darat 2013.

**Tabel 13. Jumlah penumpang rata-rata tahun dasar 2011**

Jenis kendaraan	Jumlah penumpang rata-rata tahun 2011	Proyeksi jumlah penumpang rata-rata tahun 2050
Mobil	1-3 orang	1-3 orang
Sepeda motor	1-2 orang	1 orang
Mikrobus (angkot, mikrolet)	14 orang dengan <i>load factor</i> 30%	14 dengan <i>load factor</i> 60%
Bus kecil	24 orang dengan <i>load factor</i> 30%	24 orang dengan <i>load factor</i> 60%
Bus besar	80 orang dengan <i>load factor</i> 30%	80 orang dengan <i>load factor</i> 60%
<i>Commuter line, MRT, monorail</i>	2.500 orang dengan <i>load factor</i> 50%	2.500 orang dengan <i>load factor</i> 70%

Sumber: JUTPI 2011, Japtrapis 2012, Perhubungan Darat 2013

### 3. Jarak tempuh perjalanan per jenis kendaraan

Jarak tempuh mobil dan motor rata-rata per tahun diperoleh dari estimasi berdasarkan konsumsi energi total tahun 2011. Jarak tempuh mikrobus dan bus kecil rata-rata per tahun ditetapkan berdasarkan *expert judgment*. Selain itu, jarak tempuh bus dalam kota rata-rata per tahun diperoleh dari studi Transjakarta untuk pemodelan penggunaan BBG (BPPT 2014). Angka proyeksi pada tahun 2050 ditetapkan berdasarkan *expert judgment* dan hasil konsultasi dengan para pemangku kepentingan. Jarak tempuh angkutan *commuter line* didasarkan pada jarak rute Jakarta-Bogor. Pertumbuhan jarak tempuh perjalanan kendaraan diproyeksikan secara linear hingga tahun 2050.

**Tabel 14. Jarak tempuh rata-rata tahun dasar 2011**

Jenis kendaraan	Jarak tempuh rata-rata tahun 2011	Proyeksi jarak tempuh rata-rata tahun 2050
Mobil	32 km/hari (10 km/hari dengan jumlah perjalanan 3,2 perjalanan/hari)	20 km/hari
Sepeda motor	16 km/hari (4 km/hari dengan jumlah perjalanan 4 perjalanan/hari)	15 km/hari
Mikrobus (angkot, mikrolet)	90 km/hari	150 km/hari
Bus kecil	90 km/hari	150 km/hari
Bus besar	278 km/hari (34,75 km/ hari dengan jumlah perjalanan 8 perjalanan/hari)	250 km/hari
<i>Commuter line, MRT, monorail</i>	45 km/ hari dengan jumlah perjalanan 8 perjalanan/hari	45 km/ hari dengan jumlah perjalanan 8 perjalanan/hari

### 4. Efisiensi energi per jenis kendaraan dan bahan bakar

Efisiensi energi kendaraan dalam pemodelan ini didefinisikan sebagai konsumsi energi yang dibutuhkan untuk menempuh satu kilometer dan mengangkut penumpang sejumlah kapasitas rata-

rata per kendaraan dengan satuan SBM/km. Efisiensi energi ini dapat dihitung berdasarkan kandungan energi bahan bakar per liter bahan bakar (SBM/liter) dibagi konsumsi spesifik bahan bakar per jenis kendaraan untuk menempuh jarak tertentu (km/liter). Data kandungan energi per jenis bahan bakar diperoleh dari berbagai sumber (lihat Tabel 15). Estimasi kandungan energi bahan bakar alternatif seperti VGas, CNG, bioetanol dan biodiesel diasumsikan berdasarkan data perbandingan kandungan energi terhadap bensin dan minyak solar (EIA 2013). Konsumsi spesifik BBM untuk mobil dan motor diperoleh dari survei yang dilakukan Yayasan Swisscontact pada tahun 2008 dan diproyeksikan secara linear hingga tahun 2050 berdasarkan *expert judgment* (lihat Tabel 16) (Suhadi 2008). Untuk pendekatan efisiensi energi kendaraan dengan teknologi maju rendah emisi seperti kendaraan berteknologi listrik dan sel tunam (*fuel cell*), data diperoleh dari spesifikasi kendaraan yang telah dikomersialkan di negara maju pada saat ini (Gekgo Worldwide 2014, US-DOE/US-EPA 2014b, US-DOE/US-EPA 2014c).

**Tabel 15. Kandungan energi bahan bakar pada tahun dasar 2011**

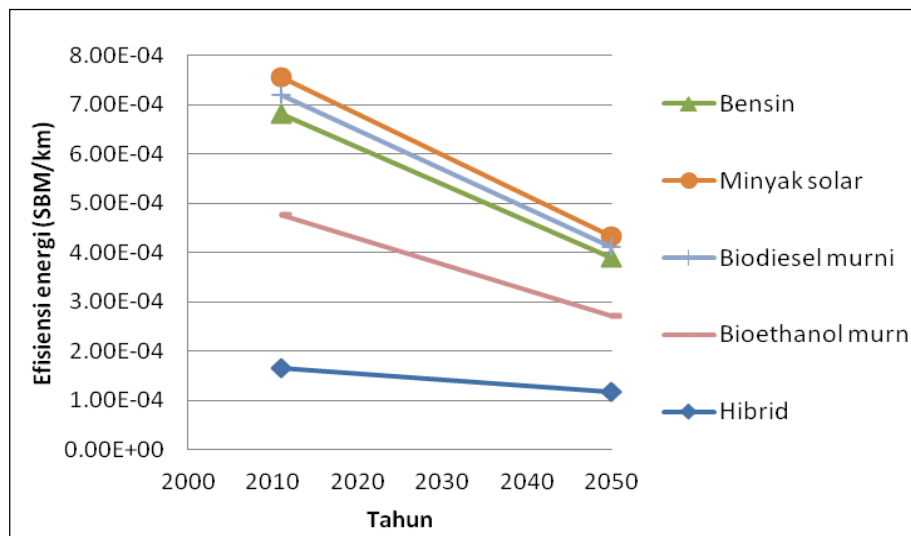
Jenis bahan bakar	Kandungan energi (SBM/liter)	Sumber
Bensin	0,0058275	BPPT
Minyak solar	0,0064871	BPPT
CNG	37,5% dari kandungan energi bensin	(EIA 2013)
Biodiesel	0,006162745	(Kutz 2008)
Bioetanol	80% dari kandungan energi bensin	(EIA 2013)

**Tabel 16. Konsumsi bahan bakar per jenis kendaraan (Suhadi 2008)**

Jenis kendaraan	Konsumsi bahan bakar tahun 2011(km/l)	Konsumsi bahan bakar tahun 2050 (km/l)
Mobil	8,5	15
Sepeda motor	28	28

Gambar 4 menyajikan kecenderungan efisiensi energi tiap jenis bahan bakar untuk mobil pribadi dari tahun dasar 2011 hingga akhir proyeksi pada tahun 2050. Dasar asumsi untuk kendaraan mobil, teknologi penghematan masih akan berkembang dan masalah kemacetan di kota-kota besar di Indonesia akan berkurang sehingga meningkatkan konsumsi spesifik bahan bakar. Untuk mobil hibrid, konsumsi spesifik bahan bakar mesin diasumsikan meningkat dari 35 km/l pada tahun dasar 2011 hingga 50 km/l pada tahun 2050. Asumsi efisiensi energi mobil hibrid pada tahun 2050 diasumsikan sama dengan spesifikasi mobil hibrid yang telah digunakan di negara maju saat ini (Autoguide.com 2011). Saat ini mobil di Indonesia rata-rata menggunakan mesin dengan standar emisi Euro 2. Selanjutnya, teknologi mesin motor diasumsikan sudah tidak berkembang secara signifikan sehingga efisiensi energinya konstan hingga 2050. Kendaraan mobil dan motor berteknologi maju rendah emisi diasumsikan baru digunakan di Indonesia pada tahun 2020. Efisiensi

energinya dianggap konstan hingga 2050 dengan asumsi sama dengan spesifikasi kendaraan yang telah dikomersialkan di negara maju saat ini. Karena keterbatasan data, efisiensi energi angkutan umum penumpang dihitung dari data konsumsi energi total per jenis kendaraan dibagi dengan jarak tempuh perjalanan per tahun dan dianggap konstan hingga tahun 2050. (lihat Tabel 17).



Gambar 4. Efisiensi energi kendaraan mobil pribadi hingga tahun 2050

Tabel 17. Efisiensi energi kendaraan pribadi

Jenis kendaraan	Jenis bahan bakar/ teknologi	Efisiensi energi tahun 2011 (SBM/km)	Efisiensi energy tahun 2050 (SBM/km)
Mobil	Bensin	6.80E-04	3.89E-04
	Minyak solar	7.57E-04	4.32E-04
	VGas	5.44E-06	3.11E-06
	CNG	2.55E-04	1.46E-04
	Biodiesel murni	7.19E-04	4.11E-04
	Bioetanol murni	4.76E-04	2.72E-04
	Hibrid	1.67E-04	1.17E-04
	Listrik	1.32E-04	1.32E-04
	Sel tunam	5.12E-05	5.12E-05
Sepeda motor	Bensin	2.08E-04	2.08E-04
	Bioetanol murni	1.34E-04	1.34E-04
	Listrik	1.28E-04	1.28E-04
Mikrobus (angkot, mikrolet)	Bensin	7.43E-05	1.49E-04
Bus kecil	Minyak solar	5.77E-04	1.15E-03
	Biodiesel murni	5.48E-04	1.10E-03
Bus besar	Minyak solar	1.51E-04	3.03E-04
	Biodiesel murni	1.44E-04	2.87E-04
Commuter line, MRT, monorail	CNG	4.94E-05	9.88E-05
	Listrik	1.52E-02	2.12E-02

Sumber: hasil pengolahan data berbagai literatur dan survei

## **b. Asumsi Level/Trajectory assumption**

*One pager* untuk proyeksi penggunaan energi di sub-sektor transportasi penumpang perkotaan terdiri dari tiga bagian, antara lain (1) peralihan moda angkutan penumpang, (2) teknologi kendaraan baik konvensional, dan (3) teknologi maju rendah emisi untuk angkutan perkotaan.

### **1. Peralihan moda angkutan penumpang**

Masalah kemacetan jalan raya di Indonesia telah menyebabkan pemborosan energi akibat bertambahnya konsumsi bahan bakar untuk menempuh jarak pendek. Hal ini disebabkan oleh infrastruktur jalan raya yang tidak dapat menampung jumlah unit kendaraan yang semakin bertambah. Salah satu solusi dari permasalahan ini adalah untuk meningkatkan penggunaan transportasi massal dan angkutan umum karena konsumsi spesifik bahan bakar moda angkutan umum jauh lebih rendah dibandingkan kendaraan pribadi<sup>1</sup>. Salah satu moda angkutan umum yang mulai dikembangkan di kota besar adalah BRT (*bus rapid transit*), contohnya TransJakarta. BRT didefinisikan sebagai “sistem angkutan massal berbasis jalan yang menggunakan mobil bus dengan lajur khusus yang terproteksi sehingga memungkinkan peningkatan kapasitas angkut yang bersifat massal” (PUSDATIN ESDM 2012b). Strategi lainnya untuk mengurangi konsumsi energi akibat penggunaan kendaraan bermotor yaitu mendorong transportasi non-motor (*non-motorized transport*) dengan menyediakan sarana untuk pejalan kaki dan jalur sepeda.

*One pager* peralihan moda angkutan penumpang didasarkan pada kondisi transportasi penumpang perkotaan saat ini yang masih didominasi oleh penggunaan mobil pribadi dan sepeda motor. Fokus kebijakan pemerintah saat ini adalah untuk mendorong peralihan moda transportasi dari kendaraan pribadi ke transportasi publik untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi gas rumah kaca. Di perkotaan, sistem *Bus Rapid Transit* (BRT) dan *Mass Rapid Transit* (MRT) menjadi solusi jangka panjang untuk mengurangi intensitas energi di sektor transportasi. *One pager* ini tidak berlaku untuk transportasi antar kota. Pada *one pager* peralihan moda transportasi penumpang, level 1 menggambarkan tidak ada peralihan moda transportasi penumpang dari kendaraan pribadi ke angkutan umum. BRT telah diterapkan pada tahun dasar 2011 di beberapa kota besar di Indonesia dan diasumsikan juga telah diterapkan dan dikembangkan hingga tahun 2050. Namun, level 1 mengasumsikan bahwa penggunaan mobil pribadi terus meningkat dan pengguna jalan tetap memilih menggunakan kendaraan pribadi daripada angkutan massal BRT dan MRT sehingga tidak terjadi peralihan moda para pengguna kendaraan pribadi. Level yang lebih tinggi menggambarkan

---

<sup>1</sup> Sebagai contoh, konsumsi spesifik bahan bakar mobil pribadi di Jakarta adalah 10,04 liter/km-penumpang. Sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik bus besar di Jakarta adalah 0,88 liter/km-penumpang (PUSDATIN ESDM 2012b).

tingkat pertumbuhan kendaraan pribadi yang lebih rendah karena sebagian pengguna kendaraan pribadi telah cenderung lebih memilih menggunakan angkutan umum sehingga pertumbuhan angkutan umum menjadi lebih tinggi. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa semakin banyak kebijakan pemerintah yang telah diterapkan dan infrastruktur telah lebih banyak dibangun untuk pilihan level yang lebih tinggi. Dengan penyediaan infrastruktur pendukung dan sarana angkutan umum perkotaan yang telah memadai dan terpadu pada level 4, hal ini diasumsikan berhasil mendorong sebagian pengguna sarana transportasi untuk beralih ke sistem *non-motorized* seperti menggunakan sepeda dan berjalan kaki.

#### **Level 1**

Level 1 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 angkutan penumpang perkotaan secara umum masih didominasi kendaraan pribadi. Pengembangan infrastruktur transportasi publik masih minim. Pengguna kendaraan pribadi di perkotaan belum terdorong untuk beralih ke BRT dan transportasi publik berbasis rel (*commuter line, monorail, MRT [Mass Rapid Transit]*, dan sebagainya).

#### **Level 2**

Level 2 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 peralihan penggunaan kendaraan pribadi di perkotaan ke kendaraan umum yaitu bus dan angkutan berbasis rel meningkat hingga 20% dengan adanya pembangunan infrastruktur angkutan umum terutama BRT dan transportasi publik berbasis rel.

#### **Level 3**

Level 3 mengasumsikan pada tahun 2050 jumlah peralihan kendaraan penumpang pribadi ke kendaraan bus dan transportasi publik berbasis rel meningkat hingga 25% seiring dengan pertumbuhan infrastruktur angkutan umum.

#### **Level 4**

Level 4 mengasumsikan bahwa dengan berkembangnya angkutan penumpang berbasis rel yang terintegrasi dengan angkutan bus sebanyak 30% kendaraan pribadi beralih ke angkutan umum pada tahun 2050. Peralihan moda transportasi penumpang ke MRT diasumsikan paling optimis, yaitu mencapai 20 kota di Indonesia yang memiliki sistem seperti jaringan *commuter line* yang ada di Jabodetabek saat ini. Selain itu, dengan infrastruktur jaringan MRT yang memadai, 5% penggunaan kendaraan pribadi beralih ke *non-motorized transport* (NMT) seperti bersepeda dan berjalan kaki. Peralihan moda ke NMT didorong oleh pertumbuhan perkotaan dengan tipe mendekati kawasan



pemukiman dengan kawasan komersial serta gaya hidup bekerja di rumah dengan teknologi komunikasi yang sudah canggih.

**Tabel 18. Level peralihan moda transportasi penumpang**

<b>Peralihan moda kendaraan pribadi ke</b>	<b>2011</b>	<b>Level 1 2050</b>	<b>Level 2 2050</b>	<b>Level 3 2050</b>	<b>Level 4 2050</b>
BRT & MRT perkotaan	0%	0%	20%	25%	30%
Sistem non-motorisasi					5%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

## **2. Teknologi kendaraan penumpang**

*One pager* teknologi dan bahan bakar alternatif kendaraan penumpang didasarkan pada kebijakan pemerintah terkait pemanfaatan bahan bakar nabati dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.20 Tahun 2014 dan pemanfaatan teknologi maju yang lebih ramah lingkungan (Tabel 19).

### **Level 1**

Level 1 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 teknologi kendaraan pribadi masih berbasis ICT dan masih didominasi oleh penggunaan BBM konvensional. Pemanfaatan BBN murni telah diterapkan pada sub-sektor transportasi darat seperti kondisi saat ini sehingga pangsa biodiesel murni pada tahun 2050 masih sama dengan tahun 2011. Pangsa BBG untuk kendaraan penumpang termasuk angkutan bus umum pada tahun 2050 juga masih sama dengan kondisi tahun dasar. Pada tahun 2050, pangsa kendaraan berteknologi rendah emisi mencapai 0,1% dari total kendaraan pribadi.

### **Level 2**

Level 2 mengasumsikan bahwa pangsa biodiesel murni meningkat hingga 30% terhadap kebutuhan total minyak solar pada tahun 2020 dan pangsa bioetanol mencapai 20% sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.20 Tahun 2014. Pangsa BBG untuk bus perkotaan mencapai 12% pada tahun 2050. Pertumbuhan sektor transportasi didukung oleh pembangunan infrastruktur transportasi mencakup pembangunan SPBG serta penyediaan BBG dan BBN. Pangsa kendaraan berteknologi rendah emisi mencapai 1% dari total kendaraan pribadi.

### **Level 3**

Level 3 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 pangsa teknologi kendaraan umum yang menggunakan biodiesel telah mencapai 40% dari mobil bermesin diesel. Pangsa bioetanol mencapai 25%. Hal ini dapat dicapai dengan adanya teknologi *flexible fuel vehicle* yaitu kendaraan dengan

mesin yang dapat memanfaatkan BBN murni dengan tingkat pencampuran yang lebih tinggi. Pangsa BBG untuk angkutan bus mencapai 25% pada tahun 2050 dengan semakin banyaknya pembangunan SPBG dan kebijakan yang mendukung penyediaan BBG. Pada tahun 2050, pangsa kendaraan mobil berteknologi rendah emisi mencapai 12% dan motor listrik mencapai 30%.

#### **Level 4**

Level 4 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 pangsa teknologi kendaraan jalan raya yang menggunakan biodiesel telah mencapai 50% dan bioetanol mencapai 35% untuk mobil pribadi dengan adanya kebijakan insentif dan produksi kendaraan *flexible fuel vehicle* yang telah dilakukan di dalam negeri. Pangsa BBG untuk angkutan bus mencapai 50%. Pada tahun 2050, pangsa mobil berteknologi rendah emisi mencapai 30% dan motor listrik 65%.

**Tabel 19. Level teknologi konvensional kendaraan penumpang perkotaan**

Kendaraan	Teknologi	Level 1 2050	Level 2 2050	Level 3 2050	Level 4 2050
Mobil	Biodiesel	0,1%	30%	40%	50%
Mobil/ motor	Bioetanol	0%	20%	25%	35%
		*) dari total bensin			
Mobil	Hibrid & Listrik	0,1%	1%	12%	30%
Motor		0,1%	1%	50%	80%
Bus	Biodiesel	0%	30%	40%	50%
	BBG	8,2%	12%	25%	50%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

### **3. Kendaraan penumpang berteknologi rendah emisi**

Kendaraan penumpang berteknologi maju rendah emisi mencakup teknologi hibrid dan mobil listrik. Teknologi hibrid telah dikembangkan oleh beberapa industri otomotif terkemuka, seperti Honda, dari Jepang, BMW dari Eropa, serta General Motor dan Ford dari Amerika. Teknologi hibrid memiliki sistem untuk meregenerasi energi mekanik yang terbuang (karena proses de-aselerasi) menjadi energi yang tersimpan dalam bentuk energi listrik. Dengan demikian, konsumsi spesifik BBM mesin menjadi menurun karena sebagian kebutuhan energinya disediakan motor listrik. Hasil uji laboratorium menunjukkan penurunan konsumsi spesifik BBM hingga mencapai 31 km/liter (PUSDATIN ESDM 2012b).

Teknologi mobil listrik adalah mobil yang dijalankan hanya dengan energi listrik yang dihasilkan oleh motor listrik dan didukung oleh kemasan baterai dapat diisi ulang. Mobil listrik memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan kendaraan dengan mesin pembakaran internal, antara lain hemat energi

dan ramah lingkungan. Kendaraan listrik mengonversi sekitar 59-62% energi listrik dari *grid* untuk pergerakan roda. Sedangkan kendaraan bensin konvensional hanya mengonversi sekitar 17-21% dari energi yang terkandung dalam bensin menjadi energi gerak. Mobil listrik tidak menghasilkan emisi, tetapi emisi mungkin dihasilkan jika energi listrik yang digunakan berasal dari pembangkit tenaga listrik. Pembangkit listrik yang dikembangkan juga menghasilkan emisi rendah seperti yang berasal dari nuklir, air, angin dan biomassa (US-DOE/US-EPA 2014a). Pada saat ini, rata-rata pangsa mobil berteknologi listrik di negara-negara maju pada tahun 2013 mencapai sekitar 0,93% (Shahan 2014).

*One pager* kendaraan penumpang berteknologi rendah emisi mengakomodasi kemungkinan meningkatnya penggunaan kendaraan yang berteknologi hibrid dan listrik yang saat ini sudah dikomersialkan di negara-negara maju. Hal ini memungkinkan penurunan emisi dari sektor transportasi dengan mengurangi penggunaan BBM konvensional dan teknologi mesin rendah emisi karbon. Pangsa rata-rata mobil berteknologi listrik di negara maju saat ini menjadi acuan untuk angka level 2 pangsa kendaraan berteknologi listrik. Level 2 mengasumsikan pangsa kendaraan berteknologi listrik di Indonesia pada tahun 2050 telah mencapai angka yang sesuai dengan data statistik di negara maju pada saat ini.

#### ***Opsi A***

Opsi A mengasumsikan bahwa pada tahun 2050, semua mobil penumpang berteknologi rendah emisi akan sepenuhnya berteknologi hibrid. Sementara itu, sepeda motor berteknologi rendah emisi akan sepenuhnya berteknologi listrik.

#### ***Opsi B***

Opsi B mengasumsikan bahwa pada tahun 2050, 70% dari mobil penumpang berteknologi rendah emisi akan berteknologi hibrid dan 30% akan berteknologi listrik. Sementara itu, sepeda motor berteknologi rendah emisi akan sepenuhnya berteknologi listrik.

#### ***Opsi C***

Opsi C mengasumsikan bahwa pada tahun 2050, 50% dari mobil penumpang berteknologi rendah emisi akan berteknologi hibrid dan 50% akan berteknologi listrik. Sementara itu, sepeda motor berteknologi rendah emisi akan sepenuhnya berteknologi listrik.

#### ***Opsi D***

Opsi D mengasumsikan bahwa pada tahun 2050, semua kendaraan penumpang berteknologi rendah emisi akan sepenuhnya berteknologi listrik.

**Tabel 20. Level kendaraan penumpang berteknologi rendah emisi**

Kendaraan	Teknologi	Level 1 2050	Level 2 2050	Level 3 2050	Level 4 2050
Mobil	Hibrid	100%	70%	50%	0%
Mobil	Listrik	0%	30%	50%	100%
Motor	Listrik	100%	100%	100%	100%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

## Sub-sektor Transportasi Penumpang Antar Kota

### a. Asumsi Tetap/*Fixed assumption*

#### 1. Pertumbuhan jumlah unit kendaraan

Jumlah unit kendaraan bus dan angkutan laut untuk transportasi antar kota diperoleh dari data Statistik Perhubungan 2012 (Kemenhub 2013). Pertumbuhan jumlah unit kendaraan diproyeksikan berdasarkan data historis dari tahun 2008. Jumlah unit kereta api diperoleh dari Studi BPPT untuk konsumsi energi per jenis kendaraan tahun 2011 dengan laju pertumbuhan berdasarkan data historis pertumbuhan jumlah unit kereta diesel dari tahun 2009 pada Laporan Tahunan PT. KAI (PT. KAI 2013). Pertumbuhan jumlah unit kendaraan diproyeksikan secara linear hingga tahun 2050.

**Tabel 21. Jumlah unit kendaraan tahun dasar 2011**

Jenis kendaraan	Jumlah unit kendaraan	Referensi
Bus antar kota	21.152	Statistik Perhubungan 2012 (Kemenhub 2013)
Kereta rel diesel	194 lokomotif	BPPT (Sugiyono 2012)
Kapal	14.926	Statistik Perhubungan 2012 (Kemenhub 2013)

#### 2. Jarak tempuh perjalanan per jenis kendaraan

Untuk transportasi antar kota, jarak tempuh bus rata-rata per tahun diasumsikan sama dengan jarak Jakarta-Semarang per hari dengan waktu operasional 360 hari dalam setahun. Jarak tempuh rata-rata kereta api per tahun diasumsikan sama dengan jarak Jakarta-Surabaya per hari dengan waktu operasional 360 hari dalam setahun. Jarak tempuh rata-rata angkutan laut per tahun diasumsikan dari jarak tempuh Merak-Bakauheni dengan frekuensi perjalanan 4 kali per hari dan waktu operasional 360 hari dalam setahun (ANTARA Sumatera Barat 2012, Kompas 2011). Jarak tempuh angkutan antar kota diasumsikan konstan hingga tahun 2050.

**Tabel 22. Jarak tempuh rata-rata tahun dasar 2011**

Jenis kendaraan	Jarak tempuh rata-rata tahun 2011	Proyeksi jarak tempuh rata-rata tahun 2050
Bus antar kota	477 km/hari	477 km/hari
Kereta rel diesel	785 km/hari	785 km/hari
Kapal	15 mil laut/hari dengan jumlah perjalanan 4 perjalanan/hari	15 mil laut/hari dengan jumlah perjalanan 4 perjalanan/hari

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

### 3. Efisiensi energi per jenis kendaraan dan bahan bakar

Efisiensi energi kendaraan dalam pemodelan ini didefinisikan sebagai konsumsi energi yang dibutuhkan untuk menempuh satu kilometer dan mengangkut penumpang sejumlah kapasitas rata-rata per kendaraan dengan satuan SBM/km. Karena keterbatasan data, efisiensi energi angkutan umum penumpang dihitung dari data konsumsi energi total per jenis kendaraan dibagi dengan jarak tempuh perjalanan per tahun dan dianggap konstan hingga tahun 2050 (lihat Tabel 23). Estimasi kandungan energi bahan bakar minyak diesel dan minyak bakar untuk angkutan laut diasumsikan berdasarkan data perbandingan kandungan energinya terhadap minyak solar dari dokumen laporan UNFCCC (2012).

**Tabel 23. Efisiensi energi angkutan umum**

Jenis kendaraan	Jenis bahan bakar/ Teknologi	Efisiensi energi (SBM/km)
Bus antar kota	Minyak solar	0,0002163
	Biodiesel murni	0,0002055
Kereta rel diesel	Minyak solar	0,0219147
	Biodiesel murni	0,0208189
Kapal	Minyak solar	0,0072908
	CNG	0,0024855
	Minyak diesel	0,0071595
	Minyak bakar	0,0066491
	Biodiesel murni	0,0069263

#### b. Asumsi Level/Trajectory assumption

*One pager* untuk proyeksi penggunaan energi di sub-sektor transportasi penumpang antar kota bertujuan untuk mengakomodasi penggunaan bahan bakar alternatif untuk angkutan antar kota.

#### Teknologi kendaraan penumpang

*One pager* teknologi dan bahan bakar alternatif kendaraan penumpang didasarkan pada kebijakan pemerintah terkait pemanfaatan bahan bakar nabati. Level 1 mengasumsikan belum terakomodasinya kebijakan pemerintah terkait. Level 2 mengasumsikan telah mengakomodasi

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.20 Tahun 2014. Level 3 dan 4 mengasumsikan telah mengakomodasi kemungkinan teknologi *flexible fuel vehicle* yang dapat memanfaatkan bahan bakar nabati yaitu biodiesel untuk moda bus dan biosolar untuk kereta api, serta BBG yang lebih ramah lingkungan untuk angkutan laut (Tabel 24).

#### **Level 1**

Level 1 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 kendaraan antar kota masih didominasi teknologi berbasis ICT dengan bahan bakar BBM konvensional. Pemanfaatan BBN murni untuk transportasi antar kota belum diterapkan hingga tahun 2050. Sementara itu, BBG diasumsikan telah berhasil diujicobakan untuk angkutan laut hingga pangsa mencapai 2% pada tahun 2050.

#### **Level 2**

Level 2 mengasumsikan pemanfaatan BBN murni untuk transportasi antar kota telah diterapkan sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.20 Tahun 2014. Pangsa biodiesel untuk pencampuran minyak solar telah mencapai 30% untuk bus antar kota. Kereta api diesel telah menggunakan 10% BBN murni pada tahun 2050. Pertumbuhan sektor transportasi didukung oleh pembangunan infrastruktur transportasi mencakup pembangunan SPBG serta penyediaan BBG dan BBN. Sementara itu, pangsa BBG untuk angkutan laut mencapai 5% pada tahun 2050.

#### **Level 3**

Level 3 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 pangsa penggunaan biodiesel untuk teknologi kendaraan umum telah mencapai 40% untuk bus antar kota dan 15% untuk kereta api. Pangsa BBG untuk angkutan bus dan angkutan laut mencapai 10% pada tahun 2050 dengan semakin banyaknya pembangunan SPBG dan kebijakan yang mendukung penyediaan BBG.

#### **Level 4**

Level 4 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 pangsa penggunaan biodiesel untuk teknologi kendaraan jalan raya telah mencapai 50% dengan adanya kebijakan insentif dan produksi kendaraan *flexible fuel vehicle* yang telah dilakukan di dalam negeri. Pangsa penggunaan biodiesel untuk kereta api mencapai 30% sedangkan pangsa BBG untuk angkutan laut mencapai 20%.

**Tabel 24. Level bauran bahan bakar kendaraan penumpang antar kota**

Kendaraan	Teknologi	Level 1 2050	Level 2 2050	Level 3 2050	Level 4 2050
Bus	Biodiesel	0%	30%	40%	50%
Kereta api	Biodiesel	0%	10%	15%	30%
Angk. laut	BBG	2%	5%	10%	20%

Sumber: berdasarkan *expert judgement*

### **Sub-sektor Transportasi Udara**

Pada tahun 2010, emisi gas rumah kaca yang dihasilkan di sektor transportasi mencapai 105 juta ton CO<sub>2</sub> ekuivalen, 9% berasal dari sub-sektor transportasi udara (PUSDATIN ESDM 2012b). Pengurangan emisi gas rumah kaca mencakup upaya penghematan energi dari sub-sektor transportasi udara. Upaya ini mencakup peremajaan armada angkutan udara dan peningkatan efisiensi operasional penerbangan, antara lain melalui peningkatan efektivitas pengaturan lalu lintas udara (*air traffic controller*), perbaikan manajemen bandara, penyempurnaan sistem dan prosedur pengoperasian serta perawatan pesawat udara, serta konservasi energi bahan bakar fosil dengan penggunaan bahan bakar nabati untuk pesawat udara (*bioavtur*) (Kemenhub 2012). Mengacu pada arah kebijakan pemerintah tersebut, skenario *one pager* untuk sub-sektor transportasi udara dibagi menjadi dua, yaitu peningkatan efisiensi operasional penerbangan dan peningkatan pemanfaatan bahan bakar nabati dalam bauran bahan bakar untuk angkutan udara hingga tahun 2050.

Sejalan dengan kesepakatan di level internasional, IATA (*International Air Transport Association*) mencanangkan target penurunan emisi gas rumah kaca terkait upaya mitigasi fenomena perubahan iklim yaitu *Carbon Neutral Growth 2020 (CNG2020)* dan *Carbon Zero Growth 2050* untuk mengurangi emisi pada tahun 2050 hingga setengahnya dibandingkan tahun 2005. Upaya ini terdiri dari empat pilar strategi industri penerbangan internasional, yaitu perbaikan dalam aspek teknologi, operasional dan infrastruktur, serta skema perdagangan emisi karbon (IATA 2013).

Penggunaan bioavtur merupakan salah satu strategi pengurangan emisi karbon dari kegiatan transportasi udara. Hal ini juga ditujukan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan bioavtur telah menjadi bagian dari strategi IATA dalam menuju target CNG2020 (IATA 2011). IATA berfokus pada BBN generasi kedua atau bahan mentah temuan baru (misalnya ganggang, pohon jarak, *camelina*) dan biomassa. Bahan bakar ini dapat diproduksi secara berkelanjutan untuk meminimalkan dampak pada tanaman pangan dan penggunaan air tawar. Uji coba pada tahun 2008 dan 2009 menunjukkan bahwa penggunaan BBN dari sumber-sumber ini dapat diterapkan tanpa perlu memodifikasi mesin pesawat. BBN tersebut dapat dicampur dengan

bahan bakar fosil untuk penggunaan langsung. Pada tahun 2011, Lufthansa menjadi maskapai pertama di dunia yang melakukan uji coba bioavtur. Dalam jangka waktu 6 bulan, pesawat A321 untuk rute Hamburg-Frankfurt menggunakan campuran 59% biokerosin (Bisnis.com 2013). Pada bulan September 2014, Lufthansa melakukan penerbangan pertama di Eropa dengan menggunakan campuran 10% BBN farnesan untuk rute Frankfurt-Berlin. Farnesan adalah biokerosin berbasis gula yang telah lolos uji dapat meningkatkan karakteristik emisi bahan bakar (Lufthansa 2014). Teknologi yang dibutuhkan untuk pemanfaatan bioavtur dengan menggunakan mesin pesawat terbang yang ada sekarang adalah bahan mentah dan teknologi produksi bioavtur sehingga mendapatkan karakteristik yang sama dengan avtur dari minyak bumi. Bioavtur dapat dibuat dari minyak-lemak seperti minyak kelapa dan minyak jarak melalui teknologi hidrogenasi (Soerawidjaja 2010).

Perhitungan permintaan energi untuk sub-sektor transportasi udara dalam pemodelan I2050PC dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Permintaan energi} = \text{jumlah armada pesawat} \times \text{Intensitas energi}$$

Berdasarkan persamaan di atas, untuk melakukan proyeksi permintaan energi sub-sektor transportasi udara, diperlukan perhitungan pendahuluan proyeksi jumlah armada pesawat dan proyeksi intensitas energi. Dengan demikian, asumsi tetap dalam pemodelan permintaan energi sub-sektor transportasi udara mencakup data jumlah pesawat di tahun dasar 2011. Sedangkan proyeksi intensitas energi per unit pesawat dan proyeksi bauran energi hingga tahun 2050 menjadi bagian dari asumsi *trajectory*.

#### a. Asumsi Tetap/*Fixed assumption*

##### **Proyeksi Pertumbuhan Jumlah Pesawat**

Proyeksi laju pertumbuhan jumlah pesawat diasumsikan sebesar 12,5% hingga tahun 2025 berdasarkan laju pertumbuhan PDB per tahun dari tahun 2004 hingga 2011 sebesar 11,3% (lihat Tabel 25). Proyeksi ini dibuat lebih besar daripada data historis untuk mengakomodasi potensi pertumbuhan angkutan barang melalui udara. Laju pertumbuhan jumlah pesawat diasumsikan melemah hingga 10% per tahun pada periode tahun 2025-2035 dan 7,5% per tahun pada periode tahun 2035-2050. Penurunan pertumbuhan jumlah pesawat hingga tahun 2050 diasumsikan akibat kecenderungan pertumbuhan sektor transportasi udara yang semakin jenuh.

Dasar asumsi pertumbuhan pesawat yang cenderung tinggi adalah sebagai berikut: Pertama, kebijakan pemerintah untuk mengembangkan sejumlah besar bandara di daerah sesuai dengan



Rencana Jangka Panjang Departemen Perhubungan 2005-2025, sehingga pertumbuhan sektor transportasi udara akan meningkat. Kedua, potensi *e-commerce* (pengiriman barang dengan menggunakan angkutan udara) yang masih besar, diprediksi akan meningkat sebesar 30% pada tahun 2020 (berdasarkan hasil pertemuan *stakeholder consultation*, Desember 2014). Ketiga, mengakomodasi kemungkinan penerapan *open space* akibat Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) yang akan dimulai pada tahun 2015. Hal ini memungkinkan pesawat dari luar negeri untuk langsung mendarat di bandara daerah tanpa perlu transit di bandara utama. Dengan demikian, pemerintah perlu menambah jumlah bandara internasional.

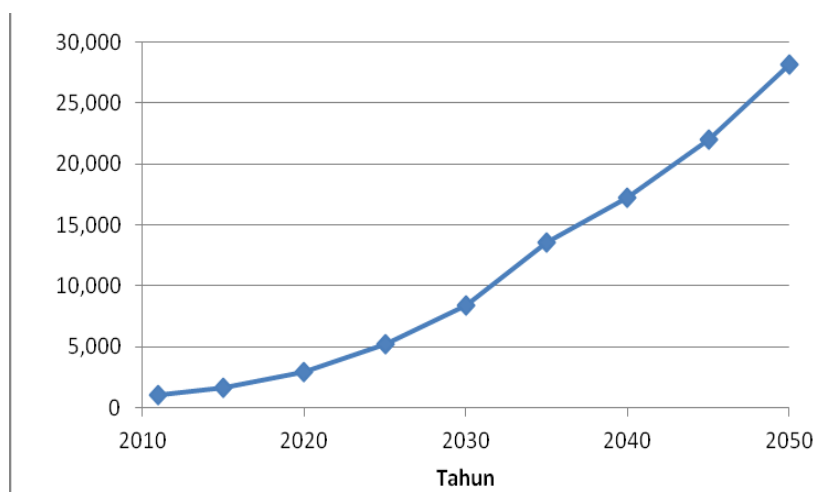
**Tabel 25. PDB sektor transportasi udara (BPS 2014)**

Tahun	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PDB (milyar rupiah)	9.384,30	10.362,30	11.466,20	12.385,30	13.044,40	14.564,30	17.330,40	19.815,70

**Tabel 26. Proyeksi pertumbuhan jumlah pesawat**

Tahun	2011	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Jumlah pesawat	1.067	1.710	3.082	5.554	8.945	14.407	20.684	29.695	42.632

Sumber: berdasarkan *expert judgement*



**Gambar 5. Proyeksi pertumbuhan jumlah pesawat**

b. Asumsi Level/*Trajectory assumption*

Asumsi *trajectory* untuk sub-sektor transportasi udara mencakup intensitas energi dan bauran bahan bakar sub-sektor transportasi udara hingga tahun 2050.

1. Intensitas energi sub-sektor transportasi udara

Intensitas energi rata-rata tahun dasar sub-sektor transportasi udara adalah konsumsi energi rata-rata per unit pesawat yang diperoleh dari perhitungan konsumsi energi total sub-sektor transportasi

udara dibagi jumlah pesawat pada tahun 2011 (lihat Tabel 27). Penurunan intensitas energi dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu peremajaan pesawat dan efisiensi operasional penerbangan yang mencakup perbaikan manajemen operasional bandara dan pengaturan lalu lintas udara.

**Tabel 27. Intensitas energi sub-sektor transportasi udara pada tahun dasar 2011**

Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
Konsumsi energi total sub-sektor transportasi udara tahun 2011	20.996.000	SBM (setara barel minyak)	(PUSDATIN ESDM 2012a)
Jumlah pesawat tahun 2011	1067	Unit pesawat	(Kemenhub 2014)
Intensitas energi rata-rata sub-sektor transportasi udara tahun 2011	19.677,60	SBM/ Unit pesawat	Hasil perhitungan

Perubahan intensitas energi sektor transportasi udara akibat peremajaan pesawat dihitung berdasarkan data proporsi umur armada pesawat pada tahun dasar 2011 dan kemudian diproyeksikan hingga tahun 2050. Data jumlah pesawat pada tahun 2011 diperoleh dari Kemenhub (2014) yaitu total jumlah pesawat sebanyak 1067 pesawat, dengan 75 pesawat dari total 531 unit pesawat penumpang adalah pesawat baru dan rata-rata umur pesawat penumpang adalah 5 tahun. Data ini dijadikan acuan untuk mengasumsikan proporsi umur armada pesawat sehingga diperoleh estimasi proporsi umur armada pesawat pada Tabel 28.

**Tabel 28. Estimasi proporsi umur pesawat tahun dasar 2011**

Jenis umur pesawat	Jumlah pesawat (unit)	Proporsi umur pesawat (%)
Di bawah 1 tahun	75	7,03%
Di bawah 5 tahun	436	42,74%
Di atas 5 tahun	536	50,23%
Total jumlah pesawat	1.067	100%

Proyeksi proporsi umur armada pesawat hingga tahun 2050 ditentukan berdasarkan *expert judgment* (lihat Tabel 29). Pertumbuhan proporsi umur armada pesawat diproyeksikan secara linear hingga tahun 2050.

**Tabel 29. Proyeksi proporsi umur armada pesawat**

Level	Tahun	Jenis umur pesawat		
		Pesawat < 1 tahun	Pesawat 1-5 tahun	Pesawat > 5 tahun
Tahun dasar	2011	7,03%	42,74%	50,23%
Level 1	2050	10%	45%	45%
Level 2	2050	25%	37,5%	37,5%
Level 3	2050	40%	30%	30%
Level 4	2050	50%	25%	25%

Sumber: berdasarkan *expert judgment*

Dengan acuan bahwa penggunaan satu unit pesawat baru dapat menghemat konsumsi energi hingga 15% (berdasarkan hasil pertemuan *stakeholder consultation*, September 2014), maka diasumsikan bahwa konsumsi energi pada tahun 2050 untuk pesawat berumur kurang dari 1 tahun adalah 15% lebih rendah daripada konsumsi rata-rata energi per pesawat pada tahun dasar. Pesawat berumur 1-5 tahun mengonsumsi energi dengan intensitas yang sama dengan tahun dasar, sedangkan pesawat berumur lebih dari 5 tahun mengonsumsi energi 15% lebih tinggi daripada konsumsi rata-rata energi per pesawat pada tahun dasar.

Dengan menghitung proyeksi total konsumsi energi sektor transportasi udara dibagi dengan proyeksi jumlah pesawat pada tahun 2050, diperoleh intensitas energi rata-rata sektor transportasi udara pada tahun 2050 dibandingkan tahun dasar 2011 akibat peremajaan armada (lihat Tabel 30). Faktor lain yang mempengaruhi intensitas energi sektor transportasi udara adalah efisiensi operasional penerbangan yang mencakup perbaikan manajemen operasional bandara dan pengaturan lalu lintas udara yang semakin efisien. Faktor ini diasumsikan dapat menurunkan intensitas energi sebesar 5% pada tahun 2050 berdasarkan hasil konsultasi dengan para pemangku kepentingan. Dengan demikian, diperoleh estimasi intensitas energi sektor transportasi udara pada tahun 2050. Pertumbuhan intensitas energi sektor transportasi udara diproyeksikan secara linear hingga tahun 2050. Skenario level 1 hingga 4 untuk perubahan intensitas energi transportasi udara akibat peningkatan efisiensi operasional penerbangan dijabarkan sebagai berikut.

#### **Level 1**

Level 1 mengasumsikan bahwa program peningkatan efisiensi operasional penerbangan diterapkan secara alami sehingga menurunkan intensitas energi sebesar 2% pada tahun 2050. Peremajaan armada telah dilakukan hingga 10% pesawat yang digunakan masih berumur di bawah 5 tahun. Hal ini berpengaruh pada peningkatan intensitas energi pada sub-sektor transportasi udara sebesar 3,25% pada tahun 2050.

#### **Level 2**

Level 2 mengasumsikan bahwa pada tahun 2050 peningkatan efisiensi operasional penerbangan sudah diterapkan sehingga menurunkan intensitas energi sebesar 5% pada tahun 2050. Peremajaan armada telah dilakukan hingga 25% pesawat yang digunakan masih berumur di bawah 5 tahun. Hal ini berpengaruh pada penurunan intensitas energi pada sub-sektor transportasi udara hingga 3,1% pada tahun 2050.

### Level 3

Level 3 mengasumsikan bahwa peningkatan efisiensi operasional penerbangan sudah diterapkan sehingga menurunkan intensitas energi sebesar 5% pada tahun 2050. Peremajaan armada telah dilakukan hingga 40% pesawat yang digunakan masih berumur di bawah 5 tahun. Hal ini berpengaruh pada penurunan intensitas energi pada sub-sektor transportasi udara hingga 6,5% pada tahun 2050.

### Level 4

Level 4 mengasumsikan bahwa peningkatan efisiensi operasional penerbangan sudah diterapkan di semua bandara di Indonesia sehingga menurunkan intensitas energi sebesar 10% pada tahun 2050. Peremajaan armada telah dilakukan hingga 50% pesawat yang digunakan masih berumur di bawah 5 tahun. Hal ini berpengaruh pada penurunan intensitas energi pada sub-sektor transportasi udara hingga 13,75% pada 2050.

**Tabel 30. Proyeksi intensitas energi sektor transportasi udara tahun 2050**

Level	Tahun	Intensitas energi akibat peremajaan armada	Perubahan Intensitas energi akibat efisiensi operasional penerbangan	Intensitas energi sub-sektor transportasi udara
Tahun dasar	2011	0%	0%	100%
Level 1	2050	105,25%	-2%	103,25%
Level 2	2050	101,88%	-5%	96,88%
Level 3	2050	98,5%	-5%	93,5%
Level 4	2050	96,25%	-10%	86,25%

## 2. Penggunaan bioavtur

Proyeksi bauran bahan bakar sub-sektor transportasi udara ditentukan berdasarkan proyeksi pertumbuhan konsumsi avtur dan avgas untuk sektor transportasi udara. Pertumbuhan konsumsi bahan bakar avtur diasumsikan sebesar 10% hingga tahun 2050. Angka ini mendekati data historis laju pertumbuhan PDB sektor transportasi udara sebesar 11,3%. Sementara itu, pertumbuhan konsumsi bahan bakar avgas diasumsikan dengan rentang 7,5%-6% hingga tahun 2050 berdasarkan proyeksi pertumbuhan PDB nasional oleh RUEN dan KP3EI. Estimasi konsumsi total bahan bakar sub-sektor transportasi udara pada tahun 2050 menjadi acuan untuk estimasi bauran bahan bakar sub-sektor transportasi udara termasuk penggunaan bioavtur (lihat Tabel 31) yang kemudian diproyeksikan secara linear hingga tahun dasar. Level 1 pada *one pager* penggunaan bahan bakar nabati untuk transportasi udara diasumsikan telah mengakomodasi target Kementerian Perhubungan, yaitu telah mencapai 3% untuk pangsa bioavtur pada tahun 2018. Level 2 hingga level 4 mengasumsikan bahwa pangsa bioavtur semakin meningkat.

### **Level 1**

Level 1 mengasumsikan bahwa pangsa penggunaan BBN murni untuk angkutan udara pada tahun 2018 telah mencapai 3% sesuai dengan target RAN GRK yang dicanangkan oleh Kementerian Perhubungan.

### **Level 2**

Level 2 mengasumsikan bahwa pangsa penggunaan BBN murni pada tahun 2025 telah mencapai 20% sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.20 Tahun 2014.

### **Level 3**

Level 3 mengasumsikan bahwa dengan dukungan kebijakan pemerintah mengenai penyediaan BBN, pangsa penggunaan BBN murni di sektor transportasi udara pada tahun 2050 telah mencapai 30%.

### **Level 4**

Level 4 mengasumsikan bahwa teknologi mesin pesawat telah mampu mengakomodasi penggunaan BBN murni sehingga pangsa penggunaan BBN murni di sektor transportasi udara pada tahun 2050 telah mencapai 50%.

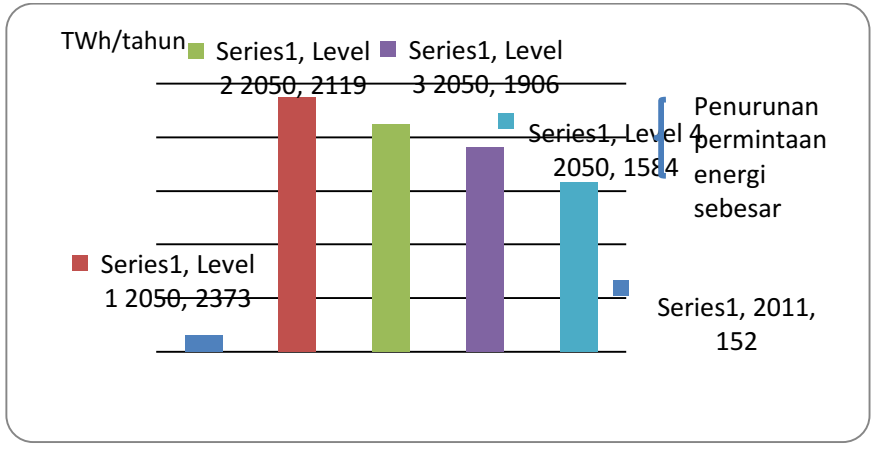
**Tabel 31. Level bauran bahan bakar sub-sektor transportasi udara tahun 2050**

Level	Tahun	Jenis bahan bakar		
		Avtur	Bioavtur	Avgas
Tahun dasar	2011	99,94%	0%	0,06%
Level 1	2050	89,99%	10,00%	0,01%
Level 2	2050	79,99%	20,00%	0,01%
Level 3	2050	70%	29,99%	0,01%
Level 4	2050	50%	49,99%	0,01%

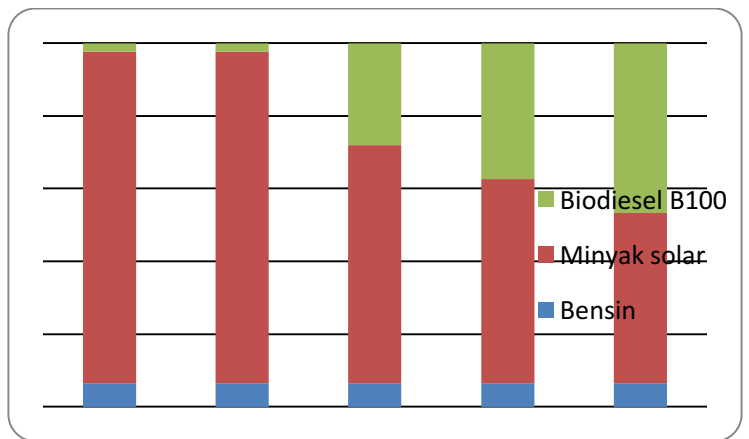
Sumber: berdasarkan *expert judgement*

## **4. Hasil Pemodelan**

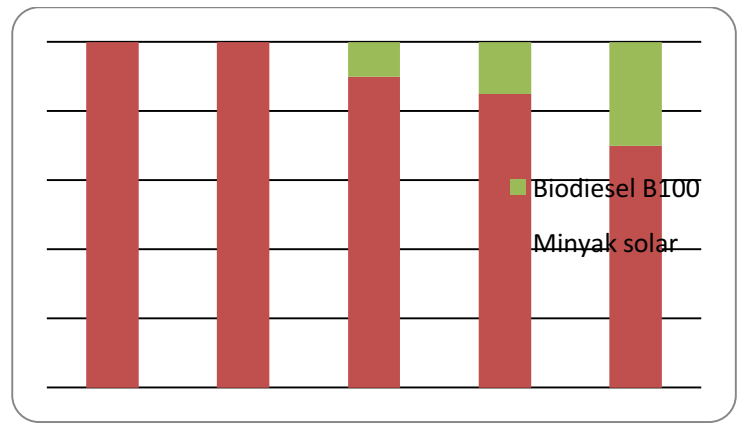
Dengan menggunakan metodologi dan asumsi di atas, permintaan energi di sektor transportasi dijabarkan sebagai berikut. Permintaan energi sub-sektor transportasi barang disajikan pada Gambar 6. Skenario *one pager* "Peralihan moda transportasi barang" level 4 menyebabkan penurunan permintaan energi sebesar pada tahun 2050 sebesar 33,3% dibandingkan level 1. *One pager* "Bahan bakar alternatif sub-sektor transportasi barang" untuk angkutan jalan raya, kereta api dan angkutan laut disajikan pada Gambar 7, 8, dan 9.



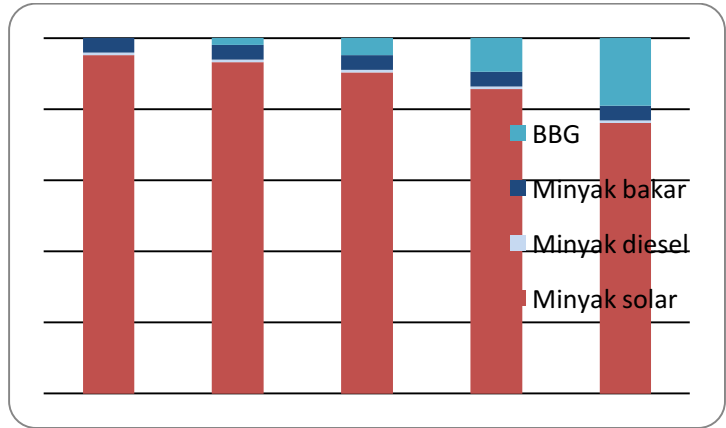
Gambar 6. Permintaan energi sub-sektor transportasi barang



Gambar 7. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang jalan raya

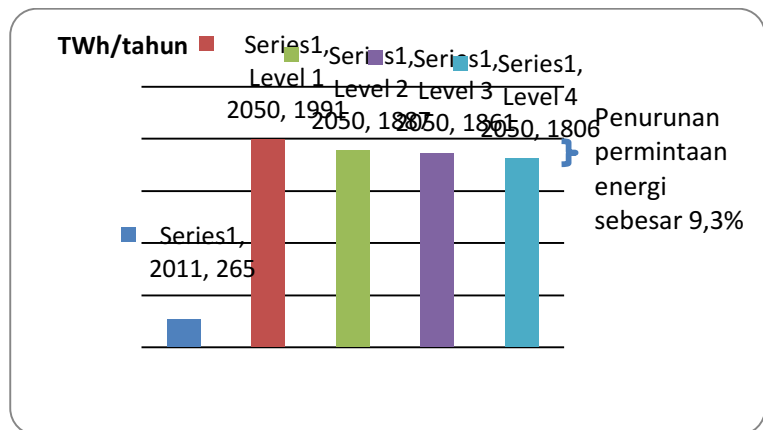


Gambar 8. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang kereta api

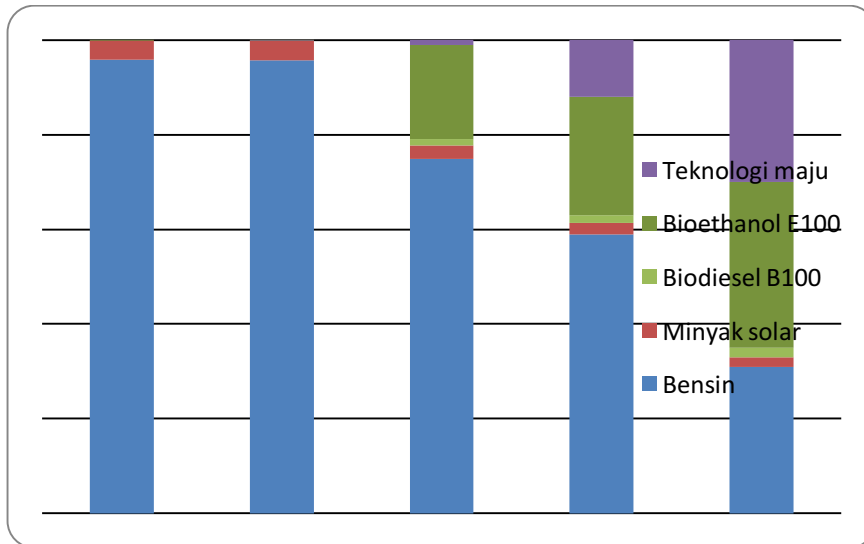


**Gambar 9. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi barang laut**

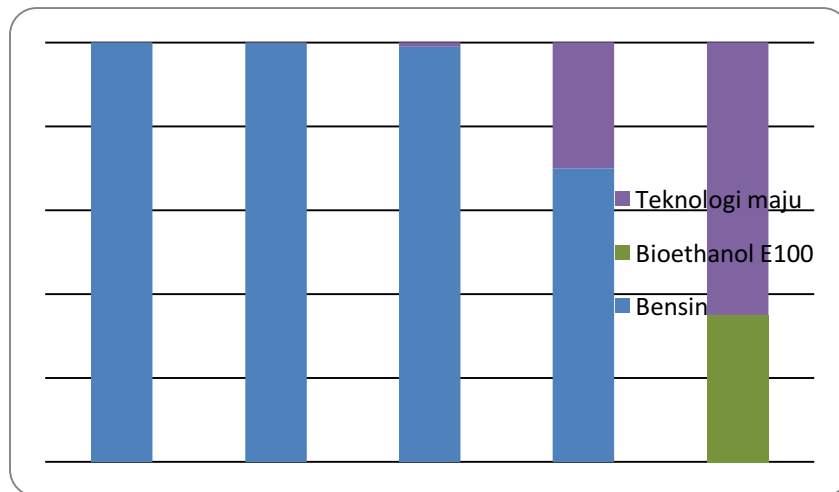
Permintaan energi sub-sektor transportasi penumpang disajikan pada Gambar 10. Skenario *one pager* “Peralihan moda transportasi penumpang perkotaan” level 4 menyebabkan penurunan permintaan energi sebesar pada tahun 2050 sebesar 9,3% daripada level 1. Bauran energi untuk transportasi penumpang perkotaan berdasarkan *one pager* “Teknologi kendaraan angkutan penumpang perkotaan” disajikan pada Gambar 11, 12 dan 13. Bauran teknologi rendah emisi untuk transportasi penumpang perkotaan berdasarkan *one pager* “Kendaraan penumpang berteknologi rendah emisi” disajikan pada Gambar 14. Bauran energi untuk transportasi penumpang antar kota berdasarkan *one pager* “Bahan bakar alternatif angkutan penumpang antar kota” disajikan pada Gambar 15.



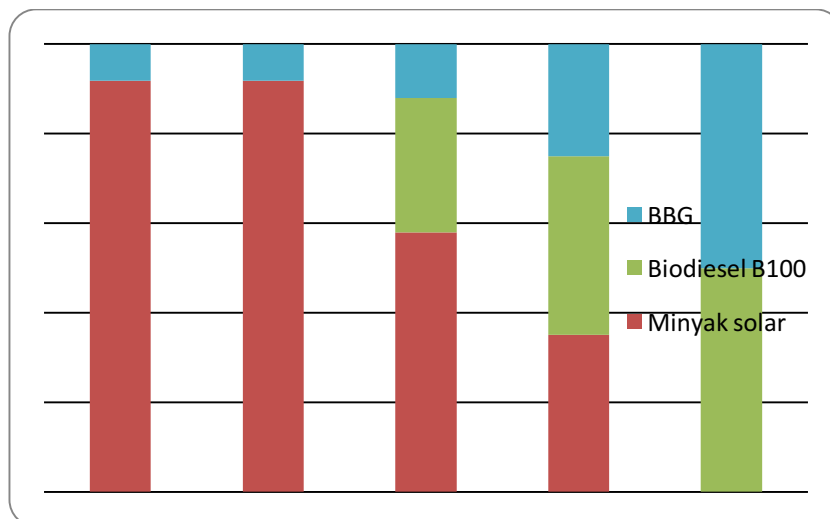
**Gambar 10. Permintaan energi sub-sektor transportasi penumpang**



Gambar 11. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi penumpang perkotaan – kendaraan penumpang

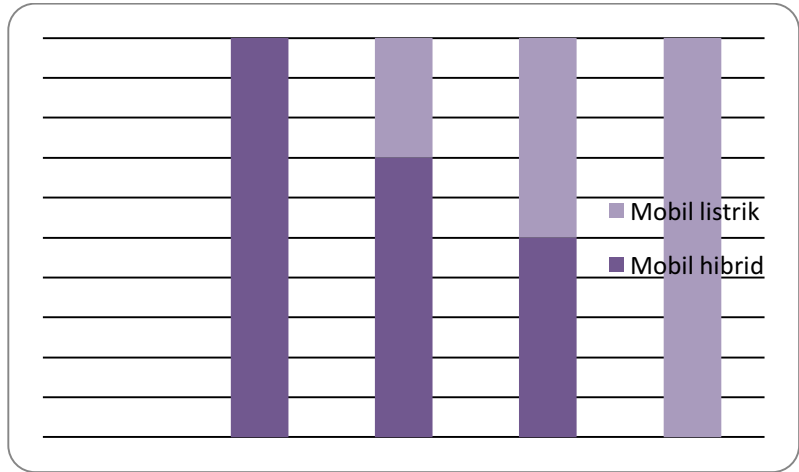


Gambar 12. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi penumpang perkotaan – sepeda motor

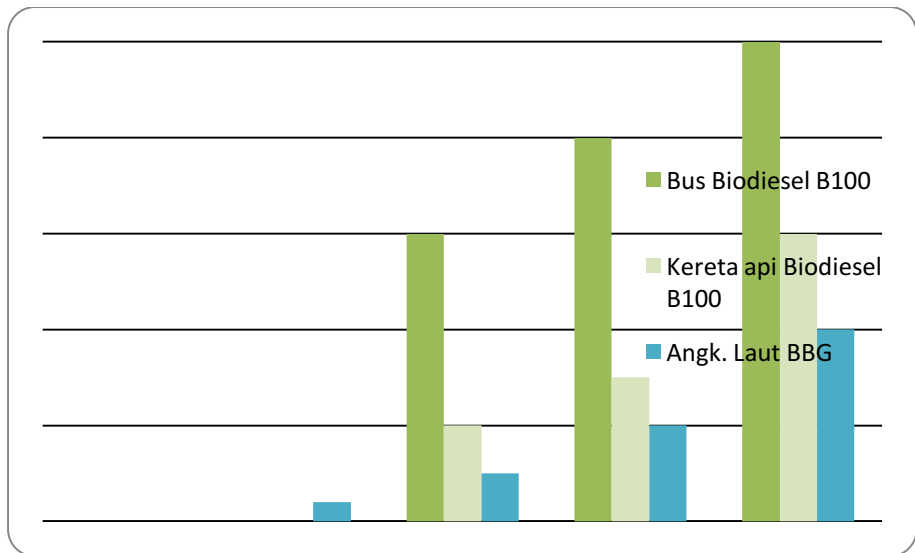


Gambar 13. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi penumpang perkotaan – bus besar



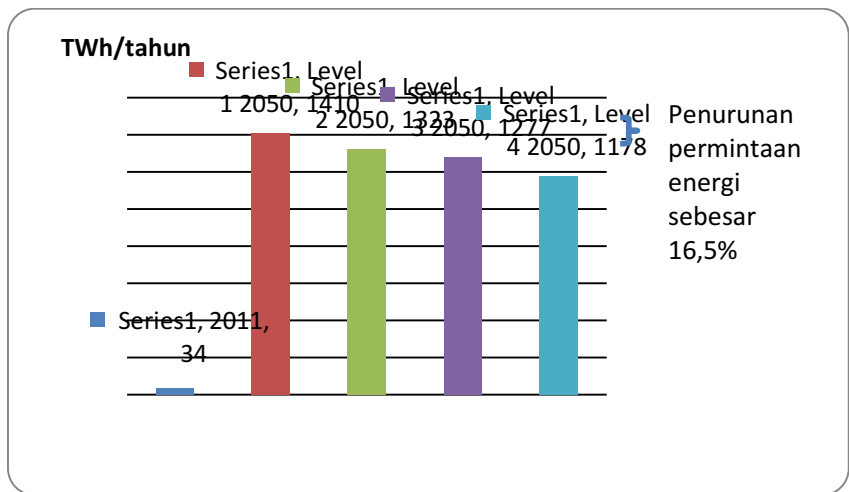


Gambar 14. Bauran teknologi rendah emisi sub-sektor transportasi penumpang perkotaan

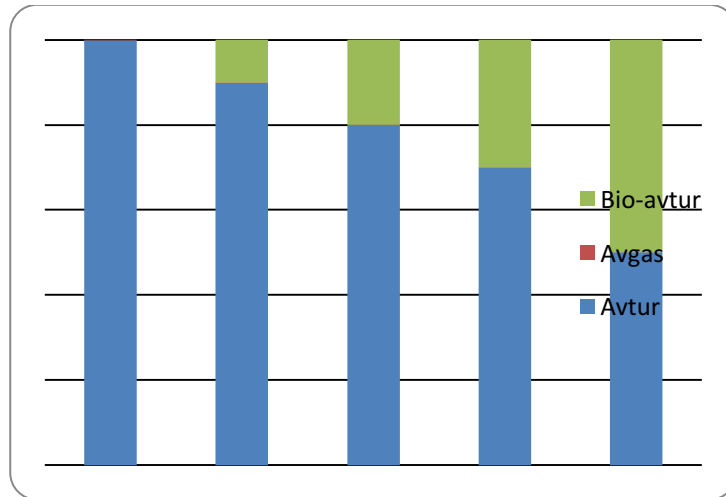


Gambar 15. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi penumpang antar kota

Permintaan energi sub-sektor transportasi udara disajikan pada Gambar 16. Bauran bahan bakar untuk transportasi udara *one pager* "Penggunaan bioavtur" disajikan pada Gambar 17.

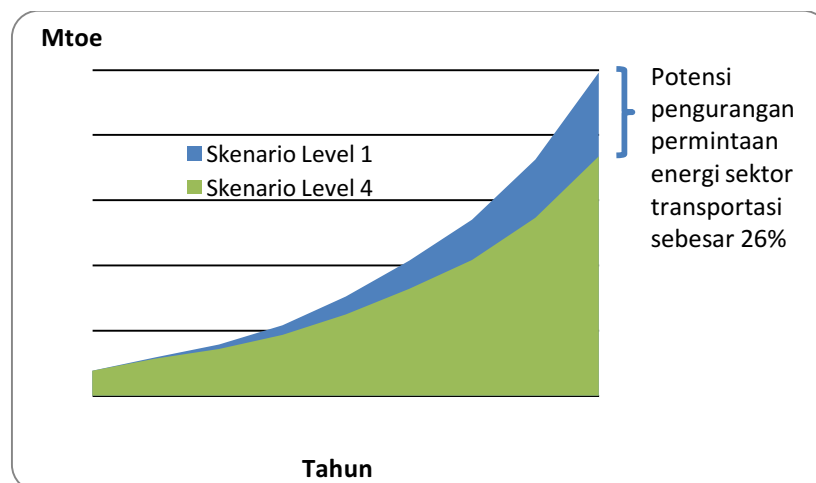


Gambar 16. Permintaan energi sub-sektor transportasi udara



**Gambar 17. Bauran bahan bakar sub-sektor transportasi udara**

Berdasarkan berbagai level pada *one pager* sektor transportasi, potensi pengurangan total permintaan energi dari sektor transportasi dapat mencapai 26%. Jika skenario untuk seluruh *one pager* sektor transportasi dipilih pada level 1, maka total permintaan energi pada tahun 2050 mencapai 496,5 Mtoe. Di sisi lain, pemilihan level 4 untuk semua skenario dapat menurunkan total permintaan energi hingga 367,6 Mtoe pada tahun 2050. Potensi pengurangan total permintaan energi disajikan pada Gambar 18.



**Gambar 18. Perbandingan total permintaan energi transportasi untuk skenario level 1 dan 4**

## 5. Referensi

- ANTARA Sumatera Barat. 2012. ASDP Bakauheni: Tidak Ada Peningkatan Pengiriman Barang. <http://www.antarasumbar.com/berita/nusantara/d/22/208791/asdp-bakauheni-tidak-ada-peningkatan-pengiriman-barang.html>. Diakses pada: 26 November 2014.
- Autoguide.com. 2011. *Toyota Prius Plug-in Hybrid Gets 112-MPG Rating: 2011 Frankfurt Auto Show 2011*. <http://www.autoguide.com/auto-news/2011/09/toyota-prius-plug-in-hybrid-gets-112-mpg-rating-2011-frankfurt-auto-show.html> Diakses pada: 31 Desember 2014.
- Bisnis.com. 2013. Efisiensi Avtur, Antara Keseimbangan Bisnis & Green Aviation. <http://m.bisnis.com/bisnis-indonesia/read/20130930/250/166174/efisiensi-avtur-antara-keseimbangan-bisnis-green-aviation>. Diakses pada: 2 Desember 2014.
- Bongardt, Daniel. 2013. *Low-carbon Land Transport: Policy Handbook*. Routledge. <http://books.google.co.id/books?id=jUwVmXiUEe0C>. Diakses pada: 27 November 2014.
- BPPT. 2014. Outlook Energi Indonesia 2014: Pengembangan Energi untuk Mendukung Program Substitusi BBM. Editor: Agus Sugiyono, et al. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi BPPT.
- BPS. 2014. Produk Domestik Bruto Atas Dasar Harga Konstan 2000 Menurut Lapangan Usaha (Miliar Rupiah), 2000-2013. [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?kat=2&tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=11&notab=3](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=2&tabel=1&daftar=1&id_subyek=11&notab=3). Diakses pada: 26 November 2014.
- Dargay, J., D. Gately and M. Sommer. 2007. *Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030*. [http://www.econ.nyu.edu/dept/courses/gately/DGS\\_Vehicle%20Ownership\\_2007.pdf](http://www.econ.nyu.edu/dept/courses/gately/DGS_Vehicle%20Ownership_2007.pdf). Diakses pada: 31 Desember 2014.
- EIA. 2013. *Few transportation fuels surpass the energy densities of gasoline and diesel*. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=9991>. Diakses pada: 26 November 2014.
- Gekgo Worldwide. 2014. *Verucci Gas Scooters*. <http://www.gekgo.com/verucci-gas-scooters.html>. Diakses pada: 26 November 2014.
- Hubdat. 2014. Kebijakan Transportasi Perkotaan. <http://hubdat.web.id/kebijakan/30-kebijakan-transportasi-perkotaan>. Diakses pada: 12 Desember 2014.
- IATA. 2011. *A global approach to reducing aviation emissions: First stop: carbon-neutral growth from 2020*. [http://www.uns.ethz.ch/edu/teach/bachelor/autumn/energymob/IATA\\_Global\\_Approach\\_Reducing\\_Emissions\\_251109web.pdf](http://www.uns.ethz.ch/edu/teach/bachelor/autumn/energymob/IATA_Global_Approach_Reducing_Emissions_251109web.pdf). Diakses pada: 2 Desember 2014.

- IATA. 2013. *Historic Agreement on Carbon Neutral Growth*.  
<http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2013-06-03-05.aspx>. Diakses pada: 16 Desember 2014.
- Kemen PU. 2009. "Pembatasan Kendaraan untuk Mengurangi Kemacetan Jakarta" dalam Online buletin Tata Ruang.  
<http://penataanruang.pu.go.id/bulletin/index.asp?mod=fullart&idart=165>. Kementerian Pekerjaan Umum. Diakses pada: 2 Desember 2014.
- Kemenhub 2012. Kemenhub Susun Roadmap Turunkan Emisi Gas Rumah Kaca Di Sektor Udara.  
<http://hubud.dephub.go.id/?id/news/detail/1614>. Kementerian Perhubungan. Diakses pada: 2 Desember 2014.
- Kemenhub. 2013. Statistik Perhubungan Buku I Tahun 2012.  
[http://kemhubri.dephub.go.id/pusdatin/files/statistik/STATISTIK\\_PERHUBUNGAN\\_2012\\_BUKU\\_1.pdf](http://kemhubri.dephub.go.id/pusdatin/files/statistik/STATISTIK_PERHUBUNGAN_2012_BUKU_1.pdf). Kementerian Perhubungan. Diakses pada: 26 November 2014.
- Kemenhub 2014. Status Registrasi Pesawat Udara. Dipresentasikan pada Pertemuan *Stakeholder Consultation I2050PC*. Jakarta, 1 September 2014.
- Kompas. 2011. Pengalaman Pahit Pemberi Madu Pelayaran.  
<http://health.kompas.com/read/2011/02/22/02364851/Pengalaman.Pahit.Pemberi.Madu.Pelayaran>. Diakses pada: 26 November 2014.
- Kutz, Myer. 2008. *Environmentally conscious transportation*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.  
<http://books.google.co.id>. Diakses pada: 26 November 2014.
- Lufthansa. 2014. *Lufthansa conducts first European schedules flight using sugar-based biofuels*.  
<http://www.lufthansagroup.com/en/press/news-releases/singleview/archive/2014/september/15/article/3215.html>. Diakses pada: 2 Desember 2014.
- PT. KAI (Persero). 2014. Laporan Tahunan 2013. [https://www.kereta-api.co.id/media/document/annual\\_report\\_2013.pdf](https://www.kereta-api.co.id/media/document/annual_report_2013.pdf). Diakses pada: 26 November 2014.
- PUSDATIN ESDM. 2012a. *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2012*.  
<http://prokum.esdm.go.id/Publikasi/Handbook%20of%20Energy%20&%20Economic%20Statistics%20of%20Indonesia%20/Handbook%20of%20Energy%20&%20Economic%20Statistics%20Indonesia%202012.pdf>. Diakses pada: 26 November 2014.
- PUSDATIN KESDM. 2012b. Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi.  
<http://prokum.esdm.go.id/Publikasi/Hasil%20Kajian/ESDM%20GRK.pdf>. Diakses pada: 27 November 2014.

- Schipper, L., C. Marie and R. Gorham. (2000) *Flexing the Link: An Urban Transport CO2 Strategy for the World Bank*. Washington: World Bank and Paris: International Energy Agency.
- Shahan, Zachary. 2014. Electric vehicle market share in 19 countries. <http://www.abb-conversations.com/2014/03/electric-vehicle-market-share-in-19-countries/> Diakses pada: 26 November 2014.
- Soerawidjaja, Tatang H. 2010. Peran Bioenergi dan Arah-arah Utama LitBangRap-nya di Indonesia. Dipresentasikan pada Lokakarya Gasifikasi Biomassa. Bandung, 16-17 Desember 2010. <http://www.lppm.itb.ac.id/wp-content/uploads/2011/01/THS-PeranBioenergiDanArahUtamaLitbangrap.pdf>. Diakses pada: 2 Desember 2014.
- Sugiyono, Agus. 2012. *BPPT-Model Transport Energy Demand*. Jakarta: BPPT.
- Suhadi, Dollaris Riauaty. (2008) Penyusunan Petunjuk Teknis Perkiraan Beban Pencemar Udara dari Kendaraan Bermotor di Indonesia. Laporan Akhir. Naskah Akademis. Disampaikan kepada Asisten Deputi 5/II Urusan Pengendalian Pencemaran Emisi Sumber Bergerak, Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Volume 2: Uji Coba Perhitungan. Yayasan Swisscontact Indonesia. December 2008. 109pp manuscript. Indonesian language.
- UNCRD. 2006. Survey of Origin Destination of National Transportation, MOT. <http://www.uncrd.or.jp/content/documents/7EST-P3-3.pdf>. Diakses pada: 31 Desember 2014.
- UNFCCC. 2012. *Monitoring report form (Version 03.1) Ranteballa Small-Scale Hydroelectric Power Project*. [http://cdm.unfccc.int/filestorage/r/t/7MGLCXPRB6OQ5F2NJIZEU49KV30T81.pdf/MR\\_3474\\_15%20apr.pdf?t=Q0J8bmZtcXI2fDAOE\\_tZct18bCLLWoG0uYjf](http://cdm.unfccc.int/filestorage/r/t/7MGLCXPRB6OQ5F2NJIZEU49KV30T81.pdf/MR_3474_15%20apr.pdf?t=Q0J8bmZtcXI2fDAOE_tZct18bCLLWoG0uYjf). Diakses pada: 26 November 2014.
- US-DOE/US-EPA. 2014a. *All-Electric Vehicles (EVs)*. <http://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>. Diakses pada: 31 Desember 2014.
- 2014b. *Compare Side by side 2013 Tesla Model S (60 kW-hr battery pack) & 2013 Tesla Model S (85 kW-hr battery pack)*. <http://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=33367&id=33368>. Diakses pada: 26 November 2014.
- 2014c. *Recently Tested Vehicles: 2015 Hyundai Tucson Fuel Cell*. [http://www.fueleconomy.gov/feg/fcv\\_sbs.shtml](http://www.fueleconomy.gov/feg/fcv_sbs.shtml). Diakses pada: 26 November 2014.
- World Bank. 2013. Studi Bank Dunia akan mendukung Pelindo memperkuat konektivitas di Indonesia. <http://www.worldbank.org/in/news/press-release/2013/11/12/world-bank-study-to-support-connectivity-agenda-in-indonesia>. Diakses pada: 31 Desember 2014.