

Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Untuk Mendukung Program Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral

Yudiartono¹, Jaka Windarta¹, Adiarso²

¹Magister Energi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro;

²Direktorat Perumusan Kebijakan Riset, Teknologi, dan Inovasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional;

Email : yudiartono@students.undip.ac.id (Y), jakawindarta@lecturer.undip.ac.id (J.W),
osraida3@gmail.com (A);

Abstrak : Berdasarkan peta jalan transisi energi, strategi utama yang disusun Pemerintah untuk menuju karbon netral di sisi kebutuhan energi adalah pemanfaatan kompor induksi dan pengembangan jaringan gas perkotaan di sektor Rumah Tangga serta penerapan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB) untuk sektor transportasi. Selama periode 2020-2050, laju pertumbuhan PDB rata-rata sebesar 5,03% per tahun dan pertumbuhan penduduk sebesar 0,63% per tahun, mengakibatkan total kebutuhan energi final (tanpa biomasa) untuk skenario BAU meningkat dari 845 juta SBM pada tahun 2020 menjadi 2.889 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat rata-rata sebesar 4,2% per tahun. Sedangkan untuk skenario transisi energi (TE), kebutuhan energi final tersebut hanya tumbuh sebesar 3,8% per tahun, atau naik menjadi hanya 2.593 juta SBM pada tahun 2050. Terlihat bahwa terjadi penurunan sekitar 10% pada total kebutuhan energi final, apabila dibandingkan dengan skenario BAU. Hal ini terjadi karena efisiensi kompor induksi dan kompor berbahan bakar gas jauh lebih efisien apabila dibandingkan efisiensi kompor LPG, karena itu akan menurunkan konsumsi LPG secara signifikan, yaitu sebesar 10,12 juta ton per tahun. Disamping itu percepatan penerapan program KBLBB di sektor transportasi juga akan menghemat penggunaan BBM secara signifikan bila diterapkan secara konsisten, dimana pada tahun 2050 tersebut terjadi penghematan kebutuhan bensin dan solar berturut-turut sebesar 68 juta kilo liter dan 2,7 juta kilo liter. Di sisi lain, pada tahun yang sama, diprediksi akan terjadi kenaikan kebutuhan listrik untuk sektor transportasi dan sektor rumah tangga, berturut-turut mencapai 232 TWh dan 74 TWh.

Kata Kunci : Transisi Energi, Kompor Induksi, KBLBB

Abstract : Based on the energy transition roadmap, the main strategy prepared by the Government towards carbon neutrality in terms of energy demand is the use of induction stoves and the

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2022, Vol. 3, No. 3, pp 201 – 217

Received : 12 Agustus 2022

Accepted : 16 September 2022

Published : 31 Oktober 2022



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: [2809-5456](#) and e-ISSN: [2722-6719](#)) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

development of urban gas networks in the household sector, as well as the implementation of battery-based electric motor vehicles for the transportation sector. During the 2020-2050 period, the average GDP growth rate is 5.03% per year and population growth is 0.63% per year, resulting in the total final energy demand (without biomass) for the BAU scenario to increase from 845 million BOE in 2020 to 2,889 million BOE in 2050 or an average increase of 4.2% per year. For the energy transition scenario (TE), the final energy demand only grows by 3.8% per year, or increases to only 2,593 million BOE in 2050. There is a decrease of around 10% in the total final energy demand, when compared to BAU scenario. This happens because the efficiency of induction stoves and gas-fired stoves is much more efficient than the efficiency of LPG stoves, which in turn will reduce LPG consumption significantly, which is 10.12 million tons per year. In addition, the acceleration of the electric motor vehicles program in the transportation sector will also save fuel usage significantly if applied consistently. In 2050, it is projected that there will be savings in demand for gasoline and diesel by 68 million kilo liters and 2.7 million kilo liters, respectively. On the other hand, in the same year, it is predicted that there will be an increase in electricity demand for the transportation sector and the household sector, reaching 232 TWh and 74 TWh, respectively.

Keywords : Energy Transition, Induction Stoves, Electric Motor Vehicles

1. Pendahuluan

Dekarbonisasi secara teknis dapat dicapai melalui penerapan tiga pilar, yaitu: melakukan efisiensi energi, penggunaan energi terbarukan, dan elektrifikasi untuk penggunaan akhir (Edi Hilmawan dkk., n.d.). Berbagai opsi teknologi rendah karbon perlu diinventarisasi dan dianalisis untuk melihat prospeknya untuk jangka panjang. Penggunaan kompor induksi di sektor Rumah Tangga serta kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB) untuk sektor transportasi merupakan implementasi dekarbonisasi melalui elektrifikasi untuk penggunaan akhir. Terkait dekarbonisasi ini, Pemerintah juga telah menyusun Peta Jalan untuk mencapai Net Zero Emission di sektor energi dengan fokus pada strategi di sisi pasokan maupun kebutuhan energi (Kementerian ESDM, 2021). Khusus dari sisi kebutuhan energi, strategi yang dilakukan antara lain pemanfaatan kompor induksi, pengembangan jaringan gas di perkotaan serta akselerasi KBLBB. Pada periode transisi energi, energi fosil masih memiliki peran penting untuk dikembangkan sebelum energi yang lebih bersih tersedia. Seperti BBM misalnya, masih sebagai energi utama di sektor transportasi sebelum digantikan kendaraan listrik.

1.1. Kondisi Energi Saat Ini

Kebutuhan energi di Indonesia dibedakan atas beberapa sektor pengguna akhir energi (end users) seperti sektor industri, rumah tangga, transportasi, komersial, dan sektor lainnya. Beberapa energi final di pengguna akhir, seperti sektor industri, juga menggunakan energi primer (batubara dan gas alam) sebagai kebutuhan energi akhirnya (Minister of Environment and Forestry, 2021). Oleh karena itu, batu bara dan gas alam dianggap sebagai bahan utama energi ketika digunakan untuk menghasilkan listrik, tetapi diperhitungkan sebagai energi akhir ketika digunakan oleh pengguna akhir.

Energi final dikonsumsi oleh berbagai pengguna akhir energi, yaitu sektor rumah tangga, komersial, industri, transportasi, dan sektor lainnya. Dari 2011 hingga 2020 konsumsi energi final tumbuh pada tingkat rata-rata 1,3% (KESDM, 2021). Seperti yang digambarkan pada Tabel 1 bahwa sebagian besar energi final digunakan di sektor produktif yaitu sektor industri dan transportasi. Perhitungan konsumsi energi final juga dilakukan berdasarkan jenis bahan bakar. Tabel 2 menunjukkan perkembangan konsumsi energi menurut jenis bahan bakar. Energi final utama yang digunakan di Indonesia adalah bahan bakar minyak, batubara, gas bumi, LPG, dan listrik.

Tabel 1.
 Konsumsi Energi Final Per Sektor (KESDM, 2021).

Sektor	Konsumsi Energi Final (Juta SBM)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Industri	331,5	327,0	239,2	246,0	243,8	221,9	229,6	285,0	345,8	288,0
Rumah Tangga	85,4	92,5	99,7	106,4	110,6	115,0	120,1	128,2	130,4	142,0
Komersial	32,8	35,8	37,9	38,9	37,9	40,0	41,0	42,3	44,4	40,5
Transportasi	277,5	329,5	341,4	342,8	345,5	341,2	363,8	399,7	415,0	364,3
Lainnya	27,2	33,7	31,1	28,7	21,7	19,9	17,0	13,6	11,8	10,3
Total	754,4	818,5	749,2	762,8	759,6	738,1	771,5	868,8	947,4	845,2

Batubara dan gas bumi digunakan oleh sektor industri, sedangkan bahan bakar minyak terutama sebagian besar digunakan untuk transportasi dengan pangsa lebih dari 90%. Sebagian bahan bakar minyak juga digunakan di sektor industri, sektor lainnya, sektor rumah tangga dan sektor komersial (KESDM, 2021). Sebagian kecil dari gas bumi digunakan di sektor rumah tangga dan komersial. Adapun listrik digunakan untuk sektor industri, komersial dan rumah tangga.

Penelitian “Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Untuk Mendukung Program Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral” disini dilakukan dengan menggunakan model LEAP (*Low Emissions Analysis Platform*) (C. G. Heaps, 2021) dengan mengkaitkan aspek makro ekonomi seperti Produk Domestik Bruto (PDB) dan aspek demografi seperti pertumbuhan penduduk, serta mempertimbangkan pertumbuhan kebutuhan energi final nasional. Hasil analisis prakiraan kebutuhan energi nasional jangka panjang di Indonesia ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan strategi penyediaan energi jangka panjang di Indonesia.

Tabel 2.
 Konsumsi Energi Final Per Jenis (KESDM, 2021).

Jenis Energi	Konsumsi Energi Final (Juta SBM)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Listrik	98,0	106,7	115,0	121,7	124,3	132,4	136,8	157,0	160,6	162,2
BBM	334,7	389,0	378,0	363,7	323,3	329,1	331,5	320,7	266,4	222,8
Gas	94,2	97,5	98,5	97,4	95,4	77,4	89,0	95,6	94,6	97,5
Batubara	144,6	123,2	42,9	55,1	70,3	63,6	58,9	100,5	167,4	113,6
LPG	37,1	42,9	47,8	51,9	54,4	56,6	61,3	64,5	66,2	69,6
BBN	45,8	59,2	67,0	72,9	91,8	78,8	93,9	130,3	191,9	179,3
Biogas	-	-	-	-	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Total	754,4	818,5	749,2	762,8	759,6	738,1	771,5	868,8	947,4	845,2

1.2. Asumsi Makro

Asumsi kunci yang digunakan sebagai masukan untuk model adalah pertumbuhan penduduk (BPS, 2015), Produk Domestik Bruto (PDB) (Edi Hilmawan dkk., n.d.), angka penjualan kendaraan listrik, angka penjualan kompor induksi, serta pengembangan jaringan gas di perkotaan (jargas) untuk kebutuhan rumah tangga seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini. Semua skenario mempunyai asumsi pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi selama periode 2020 - 2050 yang sama. Sedangkan penambahan kendaraan listrik memakai asumsi bahwa jumlah kendaraan listrik mengikuti target kuantitatif pengembangan industri kendaraan bermotor nasional dari Kementerian Perindustrian (Direktur Jenderal Industri Logam, Mesin, Alat Transportasi, Dan Elektronika, 2021). Pertumbuhan kendaraan listrik setelah tahun 2035 mengikuti tren sebelumnya. Untuk data terkait penerapan kompor induksi dan pengembangan jargas berdasarkan Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral tahun 2022 dari Kementerian ESDM (Kementerian ESDM, 2021). Adapun penggunaan biomassa non komersial tidak dipertimbangkan dalam semua skenario.

Tabel 3.

Asumsi Makro Untuk Tiap Skenario (BPS, 2015), (Edi Hilmawan dkk., n.d.),
 (Direktur Jenderal Industri Logam, Mesin, Alat Transportasi dan Elektronika, 2021),
 (Kementerian ESDM, 2021)

Keterangan	Satuan	Tahun					
		2020	2025	2030	2040	2050	
Penduduk	Juta Jiwa	270,2	283,14	294,8	313,28	324,58	
Pertumbuhan Penduduk	%/Tahun	1,16	0,94	0,81	0,54	0,3	
PDB	Triliun Rp.	10722,44	13587,2	17645,96	30863,46	50032,57	
Pertumbuhan PDB	%/Tahun	-2,07	5,17	5,5	5,5	4,5	
Penjualan Mobil	BAU	Ribu Unit	-	-	-	-	
Listrik	Transisi Energi	Ribu Unit	-	400	600	1500	2800
Penjualan Motor	BAU	Ribu Unit	-	-	-	-	
Listrik	Transisi Energi	Ribu Unit	-	1760	2450	4375	7875
Kompor Induksi	BAU	Juta RT	0	0,3	0,5	1,2	2,2
	Transisi Energi	Juta RT	0	8,2	18,2	38,2	48,2
Jargas	BAU	Juta RT	0,267	2,5	3,7	6,7	10,3
	Transisi Energi	Juta RT	0,267	5,2	10	20,3	23,4

2. Metodologi Penelitian

2.1. Model LEAP

Pada penelitian ini sektor energi di Indonesia dimodelkan dengan suatu perangkat lunak aplikasi yang bernama LEAP (*Low Emissions Analysis Platform*) (C. G. Heaps, 2021). Model Leap ini dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan energi, transformasi dan sumber energi (Windarta dkk., 2018). Pada intinya, LEAP adalah alat pemodelan terintegrasi berbasis skenario yang banyak digunakan untuk analisis kebijakan energi dan kajian mitigasi perubahan iklim baik sektor energi maupun non energi (BPPT, 2020). Selain itu, dengan LEAP dapat diimplementasikan interpolasi dengan pertumbuhan, proyeksi linier, proyeksi eksponensial, dan proyeksi logistik (Qolbi & Utomo, 2020).

Model LEAP tersusun dari empat komponen utama, yaitu: asumsi kunci (*key assumption*), kebutuhan energi (*energy demand*), transformasi energi (*energy transformation*) dan sumber daya (*resources*) (C. Heaps, 2020). Model LEAP cukup fleksibel, sehingga dapat dilakukan analisis kebutuhan energi secara terpisah. Tiga variabel kebutuhan energi yang utama adalah: aktivitas sektoral, intensitas energi, dan jenis bahan bakar atau teknologi yang digunakan. Aktivitas sektoral terkait dengan tingkat produktivitas setiap sektor. Intensitas energi merupakan jumlah penggunaan energi dibagi dengan aktivitasnya. Porsi kebutuhan energi untuk setiap sektor tergantung dari teknologi yang digunakan. LEAP juga memungkinkan memasukkan rumus matematika untuk mengkaitkan pertumbuhan aktivitas sektoral dengan pertumbuhan PDB ataupun pertumbuhan penduduk (Sugiyono dkk., 2020). Faktor elastisitas yang menghubungkan pertumbuhan dua variabel dependen juga dapat dirumuskan dalam model ini. Formulasi dalam bahasa matematika ini memungkinkan untuk memprediksi ke depan yang akan berguna bagi perencanaan energi.

Selanjutnya, LEAP merupakan model perencanaan energi yang disusun berdasarkan sistem akuntansi. Sektor pengguna energi dibagi menjadi 5 sektor, yaitu rumah tangga, industri, transportasi, komersial, dan lainnya. Energi sebagai bahan baku untuk industri dimasukkan ke dalam sektor industri (C. G. Heaps, 2021), (Sugiyono dkk., 2020). Biomassa untuk sektor rumah tangga tidak diperhitungkan dalam model karena termasuk energi yang tidak komersial. Model menghitung kebutuhan energi untuk setiap sektor pengguna energi berdasarkan aktivitas dikalikan dengan intensitas energi. Proyeksi pertumbuhan setiap aktivitas ataupun intensitas energi merupakan variabel eksogen. Parameter masukan lainnya yang digunakan dalam model adalah data historis konsumsi energi, pertumbuhan produk domestik bruto (PDB) dan pertumbuhan penduduk. Struktur data dalam LEAP yang fleksibel memungkinkan untuk dilakukan berbagai tingkat analisis sesuai dengan rincian data yang tersedia. Perangkat lunak ini mampu melakukan simulasi dengan data yang rinci dan rumit, karena merupakan model bottom-up dengan rincian teknologi (Sugiyono dkk., 2020).

2.2. Analisis Kebutuhan Energi

Kebutuhan energi sektor transportasi, sektor industri, sektor rumah tangga, sektor komersial serta sektor lainnya diestimasi dengan model bottom-up dan melalui pendekatan end-use (Santosa, 2020). Faktor penentu utama proyeksi kebutuhan energi adalah pertumbuhan ekonomi (PDB) dan pertumbuhan penduduk. Selain itu, urbanisasi, perubahan struktur ekonomi, difusi teknologi dan kebijakan pemerintah juga ikut memberikan kontribusi terhadap proyeksi kebutuhan energi ke depan. Masing-masing sektor menggunakan pendekatan analisis yang berbeda disesuaikan dengan karakter sektor tersebut dan ketersediaan data (Edi Hilmawan dkk., n.d.).

Proyeksi permintaan energi final sektor industri dan komersial akan menggunakan metodologi perhitungan berikut ini (Edi Hilmawan dkk., n.d.), (Santosa, 2020):

$$E = A \times I \quad (1)$$

Dimana :

E = Kebutuhan Energi

A = Aktifitas

I = Intensitas Energi Final

Proyeksi permintaan energi useful sektor rumah tangga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini (Edi Hilmawan dkk., n.d.):

$$E = \frac{A \times U}{\text{Eff}} \quad (2)$$

Dimana :

- E = Kebutuhan Energi
- A = Aktifitas
- I = Intensitas Energi *Useful*
- Eff = Efisiensi Peralatan

Metodologi *stock turnover* khusus digunakan pada sektor transportasi jalan raya. Dengan metode tersebut kebutuhan energi suatu sektor/subsektor dihitung berdasarkan perkalian antara aktivitas sektor/ subsektor dan intensitas energinya (Santosa, 2020):

$$E = \frac{S \times D}{C} \quad (3)$$

Dimana :

- E = Kebutuhan energi
- S = Jumlah kendaraan (*stock*)
- D = Jarak tempuh
- C = Konsumsi energi spesifik (konsumsi energi per satuan jarak tempuh)

Terdapat empat jenis model perhitungan aktivitas untuk sektor transportasi pada permodelan dengan LEAP yaitu kendaraan-km, penumpang-kilometer, ton-kilometer, dan PDB angkutan laut. Satu 'penumpang-km' menunjukkan sebuah kebutuhan untuk memindahkan satu orang sejauh satu km. Hal yang sama untuk 'ton-km'. Satu 'ton-km' menunjukkan kebutuhan untuk memindahkan satu ton barang sejauh satu km (Santosa, 2020).

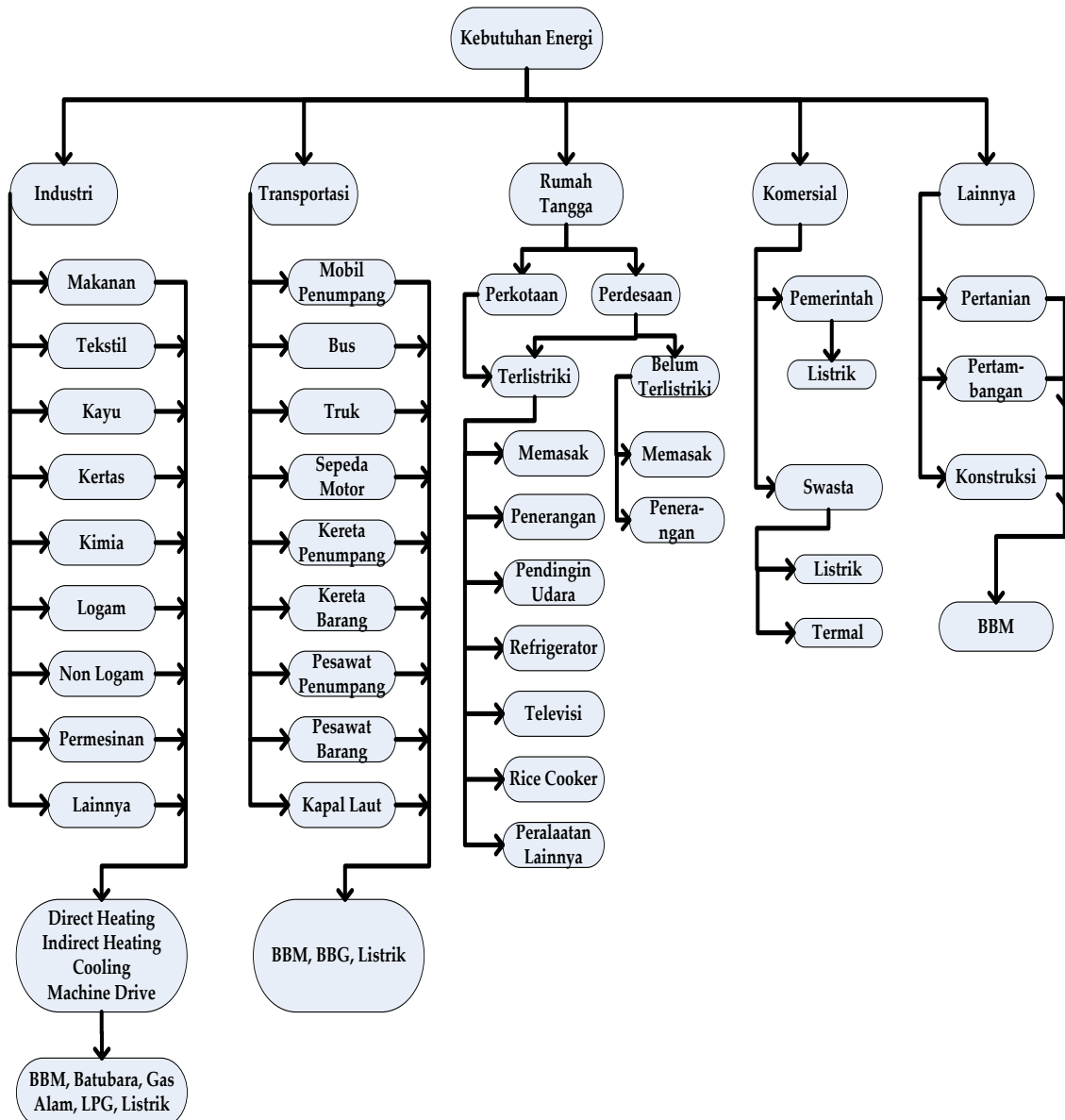
2.3. Skenario

Skenario adalah satu set asumsi dalam model yang dampaknya dianalisis terhadap keseluruhan sistem energi. Untuk mempermudah analisis, biasanya perbedaan asumsi antara satu skenario dengan yang lain terletak hanya pada beberapa variabel. Dalam penelitian ini dianalisis dampak dua skenario yaitu skenario *Business As Usual* (BAU) dan skenario Transisi Energi. Skenario BAU merupakan kondisi tanpa intervensi baru dari Pemerintah yang berhubungan dengan kebijakan penerapan kompor induksi, pengembangan jaringan gas perkotaan (jargas) dan kendaraan listrik. Kebijakan dan program terkait yang diterapkan adalah yang berlaku di tahun dasar yaitu tahun 2020. Skenario Transisi Energi (TE) memakai asumsi bahwa penerapan kompor induksi dan pengembangan jargas berdasarkan Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral tahun 2022 dari Kementerian ESDM. Sedangkan asumsi jumlah kendaraan listrik mengikuti target kuantitatif pengembangan industri kendaraan bermotor nasional dari Kementerian Perindustrian (Direktur Jenderal Industri Logam, Mesin, Alat Transportasi, Dan Elektronika, 2021). Pertumbuhan kendaraan listrik setelah tahun 2035 mengikuti tren sebelumnya.

3. Struktur Model Kebutuhan Energi

3.1. Struktur Model Energi Sektor Rumah Tangga

Pemodelan energi sektor Rumah Tangga dibagi menjadi dua bagian, wilayah perkotaan dan perdesaan. Wilayah perkotaan hanya terdiri daerah yang sudah terlistriki, sedangkan daerah perdesaan terdiri dari wilayah yang sudah terlistriki dan belum terlistriki, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Kebutuhan energi pada sektor rumah tangga yang sudah terlistriki dibedakan atas memasak, penerangan, AC, refrigerator, TV dan peralatan lainnya seperti *rice cooker*, pompa, fan, mesin cuci dan sebagainya. Tidak semua keluarga mempunyai semua kebutuhan energi tersebut, khususnya terkait dengan kebutuhan listrik.



Gambar 1. Pemodelan Kebutuhan Energi Per Sektor
 (Dr Anis Zaman and Ms. Charlotte Yong, 2021), (Dewan Energi Nasional, 2016)

Teknologi pencahayaan untuk sektor rumah tangga yang diikutsertakan adalah lampu *fluorescent lamp* (FL) dengan *ballast* magnetik dan elektrik, *compact fluorescent lamp* (CFL) dan LED. Lampu CFL mempunyai konsumsi energi yang rendah sekitar 25–50% dari lampu pijar. Sedangkan lampu LED mempunyai konsumsi 80% lebih rendah daripada lampu pijar (Dewan Energi Nasional, 2016). Penggunaan AC untuk pendinginan ruangan pada sektor rumah tangga masih terbatas pada rumah tangga yang mempunyai penghasilan menengah keatas. Sebagian besar rumah tangga masih menggunakan AC *Split* Standard dan secara bertahap penggunaan AC *Split* Inverter yang mempunyai teknologi lebih hemat energi mulai bertambah. Jenis TV dan *refrigerator* yang dimiliki rumah tangga saat ini masih menggunakan teknologi lama yakni TV *cathode ray tube* (CRT) atau liquid crystal display (LCD) dan *refrigerator* non inverter yang boros dalam penggunaan energi (Dewan Energi Nasional, 2016). Diperkirakan pertumbuhan penggunaan TV LED dan *refrigerator* inverter yang hemat energi akan cukup tinggi dengan adanya kebijakan yang mendukung penggunaan teknologi tersebut.

Proyeksi kebutuhan energi sektor Rumah Tangga dihitung berdasarkan laju pertumbuhan jumlah rumah-tangga dan tingkat pemakaian energi yang didasarkan pada pertumbuhan PDB. Kebutuhan energi ini dipakai untuk memasak, penerangan dan peralatan-peralatan listrik. Tingkat pemakaian energi berbeda tergantung tingkat pendapatan per kapita rumah tangga serta lokasi di kota atau di desa. Data Susenas dapat digunakan untuk menentukan level pendapatan rumah tangga serta intensitas pemakaian bahan bakarnya.

3.2. Struktur Model Energi Sektor Industri

Pemodelan sektor Industri pada perangkat lunak LEAP ditunjukkan pada Gambar 1. Terlihat bahwa sektor Industri dikelompokkan menjadi 9 subsektor industry, yaitu industri makanan, tekstil, kayu, *pulp* dan kertas, pupuk dan kimia, besi dan logam dasar, semen dan galian non logam, permesinan, serta sektor industri lainnya. Sektor industri juga bisa dibagi menjadi tiga klasifikasi apabila dilihat dari tingkat lahap atau intensif energi per unit (Dewan Energi Nasional, 2016):

- 1) Industri manufaktur intensif energi: makanan dan minuman, *pulp* dan kertas, pupuk kimia dan karet, semen dan bukan logam serta logam dasar besi dan baja
- 2) Industri manufaktur non intensif energi: tekstil dan barang kulit, peralatan mesin dan transportasi dan industri pengolahan lainnya
- 3) Industri bukan manufaktur: kayu dan hasil hutan lainnya

Saat ini kebutuhan energi industri masih didominasi industri intensif energi. Secara garis besar teknologi peralatan pemanfaat energi di industri bisa digolongkan menjadi empat jenis teknologi proses. Keempat teknologi tersebut adalah (Dewan Energi Nasional, 2016):

- 1) *Indirect process heating* (ketel uap/boiler) dengan jenis bahan bakar minyak, batubara, gas alam, LPG, biomassa komersial.
- 2) *Direct process heating* (tungku/furnace) dengan jenis bahan bakar minyak, batubara, gas alam, LPG, listrik.
- 3) *Process cooling* (*chiller*) dengan bahan bakar listrik.
- 4) *Machine drives/Motor driven* (*fan blower*, pompa, kompresor) dengan bahan bakar listrik.

3.3. Struktur Model Energi Sektor Transportasi

Struktur model sektor transportasi dibedakan atas transportasi darat (mobil penumpang, bus, truk, sepeda motor, kereta penumpang, kereta barang), laut (kapal penumpang, kapal barang), dan udara (pesawat penumpang, pesawat barang). Gambar 1 menunjukkan model transportasi ini disertai jenis bahan bakarnya. Metodologi pemodelan yang digunakan untuk mengestimasi kebutuhan energi sektor ekonomi seperti transportasi adalah model *bottom-up* dengan pendekatan *end-use*. Metodologi *stock turnover* khusus digunakan pada sektor transportasi jalan raya (Santosa, 2020). Sedangkan yang lainnya menggunakan pendekatan energi final atau perkalian antara aktivitas dan intensitas energi. Dengan metode tersebut kebutuhan energi suatu sektor/subsektor dihitung berdasarkan perkalian antara aktivitas sektor/subsektor dan intensitas energinya.

3.4. Struktur Model Energi Sektor Komersial

Teknologi pada sektor komersial pada umumnya merupakan teknologi yang diaplikasikan pada bangunan komersial antara lain seperti pendingin ruangan, lampu penerangan, peralatan kantor, elevator dan peralatan listrik lainnya. Dalam artikel ini, permintaan energi sektor komersial dibedakan antara peralatan *thermal* (contoh pada hotel, dan restoran) dan listrik, serta dibedakan juga antara swasta dan Pemerintah (lihat gambar 1). Tingkat aktivitas sektor komersial diukur dengan luas bangunan yang dihitung dengan menggunakan pendekatan dan asumsi akibat dari data yang tidak lengkap atau tidak ada sama sekali. Diasumsikan bahwa listrik dikonsumsi Pemerintah dan swasta sedangkan non listrik (BBM, gas dan LPG) hanya dikonsumsi swasta. Peralatan sektor komersial yang mengkonsumsi energi non listrik antara lain boiler atau pemanas air dan peralatan dapur. Sektor swasta meliputi perkantoran, sekolah, hotel, mall, rumah sakit, dan kantor swasta lainnya. Teknologi pengguna listrik pada sektor komersial bisa dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu tata udara (AC), tata cahaya (Lampu), transport (elevator), serta lainnya (peralatan kantor, *pantry*, dll) (Dewan Energi Nasional, 2016).

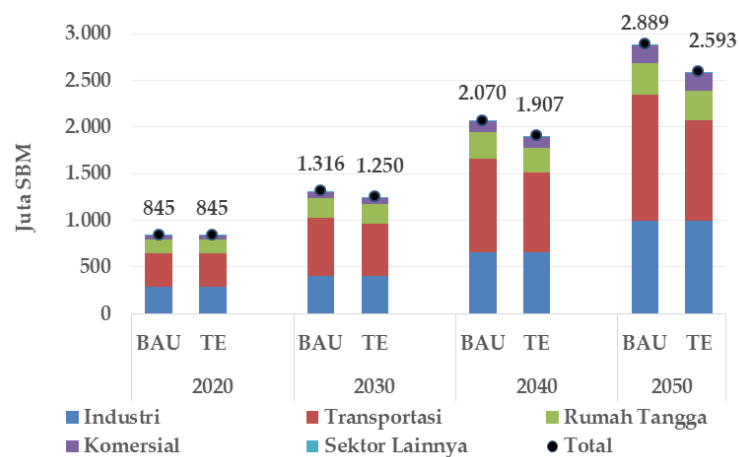
3.5. Struktur Model Energi Sektor Lainnya

Gambar 1 menunjukkan struktur model energi sektor lainnya. Sektor lainnya terdiri dari tiga sub sektor, yaitu pertanian, pertambangan dan konstruksi. Permintaan energi di sektor lainnya meliputi minyak solar, biosolar, minyak diesel, minyak bakar dan premium. Solar dan biosolar umumnya digunakan untuk genset sebagai cadangan pasokan listrik (Dewan Energi Nasional, 2019). Proyeksi kebutuhan energi sektor lainnya seperti juga sektor industri, dihitung berdasarkan perkembangan PDB sektor lain dan intensitas pemakaian energinya. Data Kementerian ESDM dan BPS digunakan sebagai dasar perhitungan intensitas energi sektor Lain. Sedangkan proyeksi pertumbuhan PDB sektor lain diasumsikan sebanding dengan pertumbuhan GDP.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Proyeksi Kebutuhan Energi Final

Kebutuhan energi terus meningkat mengikuti pertumbuhan ekonomi, penduduk, harga energi, dan kebijakan pemerintah. Dengan laju pertumbuhan PDB rata-rata sebesar 5,03% per tahun dan pertumbuhan penduduk sebesar 0,63% per tahun selama tahun 2020 – 2050 mengakibatkan total kebutuhan energi final (tanpa biomasa non komersial) untuk skenario BAU meningkat dari 845 juta SBM pada tahun 2020 menjadi 2.889 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat rata-rata sebesar 4,2% per tahun. Sedangkan untuk skenario TE, kebutuhan energi final tersebut hanya tumbuh sebesar 3,8% per tahun, atau naik menjadi hanya 2.593 juta SBM pada tahun 2050. Kebutuhan energi sektor transportasi, baik pada skenario BAU maupun skenario transisi energi (TE), tetap dominan dengan pangsa berkisar dari 42% sampai dengan 47%. Diikuti kemudian oleh sektor industri yang memiliki pangsa dikisaran 34% sampai dengan 38%. Adapun kebutuhan energi sektor rumah tangga mempunyai pangsa 12% – 17%, sektor komersial pangsa 5% – 7%, serta sisanya diisi sektor lainnya. Secara lebih jelas hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.

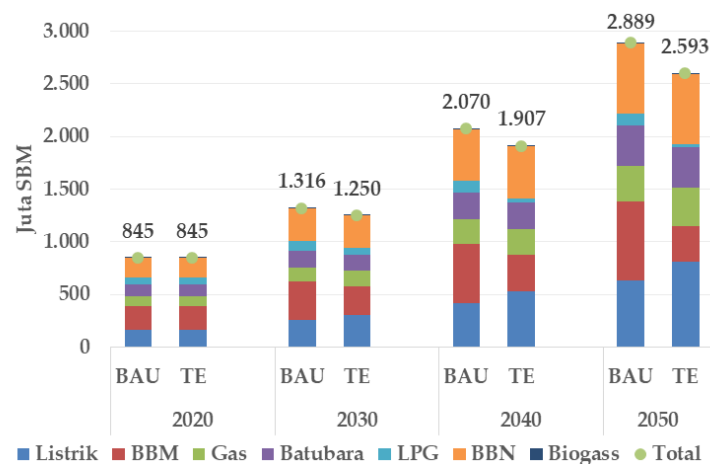


Gambar 2. Kebutuhan Energi Final Nasional Per Sektor Untuk Skenario BAU dan Skenario Transisi Energi

Pada skenario TE ini dipertimbangkan substitusi bahan bakar LPG sektor Rumah Tangga dengan penggunaan kompor induksi dan perluasan penggunaan jaringan distribusi gas bumi (jargas) dari aliran pipa untuk rumah tangga. Efisiensi kompor listrik dan kompor berbahan bakar gas ini jauh lebih efisien apabila dibandingkan efisiensi kompor LPG, karena itu akan menurunkan konsumsi LPG secara signifikan. Selain itu percepatan penerapan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai di sektor transportasi juga akan diterapkan secara konsisten untuk penghematan penggunaan BBM. Secara keseluruhan, total kebutuhan energi final pada skenario TE selama 3 tahun terakhir 10% lebih rendah dibandingkan dengan skenario BAU untuk kondisi tahun 2050.

Selanjutnya, jenis energi yang digunakan oleh setiap sektor sangat bervariasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada tahun 2050, untuk skenario BAU, pangsa kebutuhan energi final per jenis masih didominasi oleh BBM (bensin, minyak tanah, minyak bakar, avtur, avgas, minyak solar, dan minyak diesel) yang mencapai 26%, diikuti oleh bahan bakar nabati (BBN) sebesar 23,1%, listrik (21,8%), batubara (13,2%), gas (11,9%), dan sisanya berupa LPG (4%), dan biogas yang hanya di bawah 1%. Pada skenario TE, penggunaan listrik naik tinggi dengan pangsa lebih dari 31%, sedangkan pangsa BBM dan LPG turun signifikan berturut-turut menjadi hanya 13% dan 1%.

Energi final listrik pada skenario TE cukup mendominasi kebutuhan energi nasional sampai tahun 2050 karena penggunaan teknologi kendaraan listrik di sektor transportasi, serta program migrasi kompor LPG ke kompor induksi listrik di sektor rumah tangga. Sektor-sektor pengguna lainnya pun tidak terlepas dari penggunaan listrik karena teknologinya cukup efisien dan harga listrik masih kompetitif dibanding dengan bahan bakar lainnya. Pemanfaatan listrik diproyeksikan meningkat dengan laju pertumbuhan 5,5% per tahun, dengan pangsa sebesar 19,2% pada tahun 2020 dan naik signifikan menjadi 31% tahun 2050. Di sisi lain, penggunaan batubara untuk kebutuhan industri berbasis batubara (semen, kertas, tekstil, dan lainnya) dan bahan bakar pembangkit listrik beban dasar terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 4,1% per tahun, namun pangsa masih jauh di bawah energi listrik. Pangsa kebutuhan batubara selama periode 2020 – 2050, baik untuk skenario BAU maupun TE, adalah dikisaran 13% – 14%.



Gambar 3. Kebutuhan Energi Final Nasional Per Jenis Untuk Skenario BAU dan Skenario Transisi Energi

Kebijakan pengembangan jaringan distribusi gas untuk rumah tangga turut berperan dalam meningkatkan penggunaan gas untuk jangka panjang. Untuk skenario BAU, pada tahun 2050, kebutuhan gas diperkirakan akan naik lebih dari 3,5 kali lipat terhadap tahun 2020, atau meningkat rata-rata sebesar 4,3% per tahun. Adapun untuk skenario TE, kebutuhan gas tahun 2050 naik mendekati 4 kali lipat dengan pertumbuhan lebih dari 4,5% per tahun. Kebutuhan LPG yang saat ini sudah mengandalkan impor, diperkirakan secara bertahap pemakaiannya hanya meningkat tipis yaitu sebesar 1,7% per tahun. Pangsa kebutuhan LPG pada tahun 2020 adalah sebesar 8,2% dan turun menjadi sebesar 4% pada tahun 2050, bahkan pada skenario TE peranan LPG sebagai bahan bakar pada tahun 2050 tersebut hanya 1%. Peran LPG yang semakin menurun drastis ini karena adanya substitusi jangka panjang dengan bahan bakar gas maupun listrik. Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan energi final BBM, kebutuhan energi final BBN sebagai substitusi BBM terutama biodiesel juga meningkat mengikuti tren pertumbuhan minyak solar dan mandatori biodiesel. Meskipun peranan BBN tidak begitu besar dalam memenuhi kebutuhan energi final nasional, namun dalam kurun waktu 30 tahun, untuk kedua skenario, diperkirakan kebutuhan biodiesel berkembang dengan laju pertumbuhan 4,5% per tahun. Pemanfaatan BBN yang dipertimbangkan adalah biodiesel untuk sektor transportasi, industri, komersial, dan pembangkit listrik. Pemanfaatan bioethanol tidak dipertimbangkan karena ketiadaan pasokan bahan baku *bioethanol*. Kebijakan mandatori BBN diharapkan dapat mendorong pemanfaatan biodiesel.

4.2. Pengaruh Program KBLBB Dan Program Migrasi Ke Kompor Induksi dan Jargas Terhadap Kebutuhan Energi

Sektor transportasi terdiri atas beberapa moda transportasi, yaitu moda transportasi jalan raya, moda transportasi kereta, moda transportasi udara, dan moda transportasi air. Beberapa moda transportasi ada yang menggunakan jenis energi final yang sama, seperti moda transportasi jalan raya, kereta dan air menggunakan jenis energi BBM (bensin, minyak solar, minyak bakar dan biosolar), sedang bahan bakar gas (CNG) hanya digunakan pada moda transportasi jalan raya, serta listrik untuk moda transportasi kereta. Khusus untuk moda transportasi udara harus menggunakan jenis energi yang sama sekali berbeda (spesifik), yaitu avtur dan avgas. Avtur (*aviation turbine fuel*) merupakan bahan bakar minyak untuk pesawat terbang bermesin turbin, sedang av gas (*aviation gasoline*) untuk pesawat terbang bermesin piston.

Saat ini energi listrik di sektor transportasi paling banyak digunakan untuk moda transportasi kereta rel listrik atau KRL dan sedikit kendaraan listrik lainnya. Meskipun peran energi listrik di sektor ini masih kecil, namun dengan adanya program pengembangan KBLBB untuk sarana transportasi darat maka peran energi listrik di sektor transportasi akan terus meningkat secara signifikan, khususnya pada moda transportasi jalan raya. Untuk menurunkan kebutuhan energi moda transportasi jalan raya, pemerintah Indonesia mendorong dikembangkannya penggunaan KBLBB untuk moda transportasi jalan raya, seperti bus, mobil dan sepeda motor listrik.

Tabel 4.

Proyeksi Kebutuhan Energi Final Nasional Per Jenis Sektor Transportasi Untuk Skenario BAU dan Skenario Transisi Energi

Jenis Energi	Skenario	Tahun/Pangsa		Tahun/Pangsa		Tahun/Pangsa	
		2025	%	2030	%	2050	%
Listrik (Jt SBM)	BAU	0,22	0%	0,27	0%	0,62	0%
	TE	10,54	2%	29,33	5%	137,35	13%
Gas (Jt SBM)	BAU	0,08	0%	0,1	0%	0,71	0%
	TE	0,14	0%	0,38	0%	4,07	0%
Bensin (Jt SBM)	BAU	222,31	49%	298,85	48%	626,57	46%
	TE	191,61	44%	213,02	38%	232,77	22%
Solar (Jt SBM)	BAU	11,07	2%	15,31	2%	37,28	3%
	TE	10,78	2%	13,84	2%	19,68	2%
Biodiesel (Jt SBM)	BAU	199,89	44%	278,64	45%	625,52	46%
	TE	199,89	46%	278,64	50%	625,52	58%
BBM Lainnya (Jt SBM)	BAU	20,05	4%	24,9	4%	59,01	4%
	TE	20,05	5%	24,9	4%	59,01	5%

Dari hasil pemodelan terlihat bahwa penggunaan KBLBB dapat menurunkan total kebutuhan energi final di sepanjang periode proyeksi. Total kebutuhan energi sektor transportasi pada skenario Transisi Energi (TE) lebih rendah daripada skenario BAU, hal ini disebabkan konsumsi energi KBLBB lebih rendah daripada kendaraan konvensional yang menggunakan BBM (*internal combustion engine*). KBLBB mengkonversi lebih dari 77% energi listrik dari jaringan listrik menjadi daya pada roda, sedang kendaraan konvensional berbahan bakar bensin hanya mengkonversi sekitar 12% – 30% dari energi yang tersimpan dalam bensin menjadi daya pada roda atau dapat diasumsikan bahwa

KBLBB tiga kali lebih hemat dalam penggunaan energi daripada kendaraan konvensional berbahan bakar BBM (Irawan Rahardjo, 2020).

Pada Tabel 4 terlihat bahwa peningkatan jumlah KBLBB yang sangat besar (skenario TE) akan meningkatkan kebutuhan energi listrik di sektor transportasi. Kebutuhan energi listrik yang semula hanya 0,18 juta SBM pada tahun 2020 akan terus meningkat sangat tinggi menjadi 137,35 juta SBM, dengan pangsa sebesar 13%, pada tahun 2050. Sementara itu karena adanya penggunaan KBLBB yang terus meningkat, kebutuhan bensin akan menurun drastis dari 627 juta SBM (46%) pada skenario BAU, menjadi hanya 233 juta SBM (22%) pada tahun 2050. Konsumsi energi KBLBB yang lebih rendah daripada kendaraan konvensional pengguna BBM, menyebabkan total kebutuhan energi final sektor transportasi di sepanjang periode proyeksi pada skenario TE lebih rendah daripada skenario BAU.

Selama kurun waktu 2020 – 2050, kebutuhan energi sektor rumah tangga (tanpa biomassa), untuk skenario BAU, diperkirakan akan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 2,7% per tahun, yaitu dari 142 juta SBM pada tahun 2020 menjadi 342 juta SBM pada tahun 2050.

Tabel 5.

Proyeksi Kebutuhan Energi Final Nasional Per Jenis Sektor Rumah Tangga Untuk Skenario BAU dan Skenario Transisi Energi

Jenis Energi	Skenario	Tahun/Pangsa		Tahun/Pangsa		Tahun/Pangsa	
		2025	%	2030	%	2050	%
Listrik (Jt SBM)	BAU	93,35	52%	115,96	54%	222,85	65%
	TE	99,46	57%	131,49	63%	266,2	84%
Gas (Jt SBM)	BAU	2,86	2%	4,75	2%	14,47	4%
	TE	5,97	3%	13,02	6%	32,75	10%
Kerosene (Jt SBM)	BAU	2,7	2%	2,55	1%	-	0%
	TE	2,7	2%	2,55	1%	-	0%
Biogas (Jt SBM)	BAU	0,39	0%	0,59	0%	1,03	0%
	TE	0,39	0%	0,59	0%	1,03	0%
LPG (Jt SBM)	BAU	78,69	44%	92,23	43%	103,26	30%
	TE	65,96	38%	59,53	29%	16,98	5%

Kebutuhan listrik diperkirakan akan mendominasi sektor ini dengan laju pertumbuhan sebesar 3,9% per tahun serta pangsa sekitar 65% pada tahun 2050, menggeser kebutuhan LPG (30%). Kebutuhan gas bumi juga terus meningkat, pada tahun 2050 pangasanya mencapai 4% (lihat Tabel 5).

Pada skenario TE, kebutuhan listrik akan melonjak tinggi dengan pertumbuhan sebesar 4,5% serta pangsa mendekati 84% pada tahun 2050. Sedangkan kebutuhan LPG mengalami pertumbuhan negative sekitar -4,5%/tahun, dengan pangsa pada tahun yg sama hanya sebesar 5%. Adapun jaringan gas perkotaan perkembangannya meningkat drastis, dimana pada tahun 2050 tersebut pangasanya naik menjadi 10% pada skenario TE dengan laju pertumbuhan lebih dari 17% per tahun. Hal ini terjadi sejalan dengan adanya program migrasi kompor LPG ke kompor induksi serta jaringan gas dalam kota (jargas).

4.3. Penghematan Energi Pada Sektor Transportasi dan Sektor Rumah Tangga

Pemanfaatan kendaraan listrik jenis mobil dan sepeda motor dapat mengurangi kebutuhan bahan bakar bensin maupun solar. Pada tahun 2020 kebutuhan bahan bakar bensin sebesar 31,2 juta kilo liter, sedangkan produksi bensin dari kilang yang ada di Indonesia hanya dikisaran 15 juta kilo liter. Sisanya dipenuhi dari impor, dimana impor bahan bakar bensin adalah sebesar 16,2 juta kilo liter (KESDM, 2021). Untuk kebutuhan solar, sebagian besar dipenuhi oleh biodiesel. Namun, bbm jenis solar ini tetap masih impor, meskipun jumlahnya relative kecil, sekitar 3,2 juta kilo liter. Nilai impor bbm pada tahun 2020 tersebut adalah sebesar 8.284,1 juta US\$ (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020).

Pada skenario BAU, jumlah kendaraan listrik diasumsikan masih nol, sehingga kebutuhan bensin dan solar diperkirakan terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan pemanfaatan kendaraan listrik pada skenario TE menyebabkan kebutuhan bensin dan solar mengalami penurunan secara signifikan. Pada tahun 2050, kebutuhan BBM (bensin dan solar) pada skenario TE diperkirakan hanya sekitar 45% dari skenario BAU. Selanjutnya, kebutuhan listrik untuk transportasi pada skenario BAU maupun TE diperkirakan terus meningkat dengan laju pertumbuhan yang sangat berbeda, masing-masing sebesar 4,2%/tahun dan 25%/tahun.

Pada tahun 2050, penghematan kebutuhan bensin dan solar pada skenario TE diperkirakan berturut turut mencapai 394 juta SBM (68 juta kilo liter) dan 17,6 juta SBM (2,7 juta kilo liter). Sementara itu, kebutuhan listrik diperkirakan meningkat sebesar 137 juta SBM (232 TWh) jika dibandingkan dengan skenario BAU. Secara kumulatif, total penghematan kebutuhan bensin dan solar, selama periode 2020 sampai dengan 2050, masing masing adalah 4.927 juta SBM (845,5 juta kilo liter) dan 172 juta SBM (26,4 juta kilo liter). Adapun kebutuhan listriknya pada periode tersebut adalah dikisaran 1.696 juta SBM (2.879 TWh).

Beban pemakaian LPG saat ini semakin berat. Kapasitas kilang yang ada tidak bertambah sehingga produksi LPG juga stagnan bahkan cenderung turun terus. Pada tahun 2010 misalnya, produksi LPG sebesar 2,48 juta ton, tahun 2020 turun 22% menjadi 1,92 juta ton (KESDM, 2021). Sedangkan konsumsi LPG, untuk sektor industri, rumah tangga, dan komersial, dipastikan selalu naik, dari 3,76 juta ton tahun 2010 menjadi 8,17 juta ton tahun 2020, atau naik dengan laju pertumbuhan sebesar 8,1%/tahun (KESDM, 2021). Ini menyebabkan beban impor LPG semakin besar, dengan laju pertumbuhan sebesar 15%/tahun, dari 1,62 juta ton tahun 2010 menjadi 6,4 juta ton tahun 2020 (KESDM, 2021). Karena itu substitusi kompor LPG saat ini mulai diupayakan kembali dengan beberapa pilihan sumber energi, antara lain listrik dan gas kota.

Tabel 6.

Jenis Penghematan	Tahun					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
LPG (Juta Ton)	1,49	3,84	6,25	8,7	9,47	10,12
Subsidi (Trilyun Rp)*	8,5	21,83	35,60	49,53	53,91	57,61

*) Subsidi rata-rata LPG 3 kg sebesar Rp 5.692 /kg

Jenis kompor gas maupun listrik yang beredar di masyarakat memiliki karakteristik yang bervariasi. Namun, secara umum efisiensi kompor induksi jauh lebih tinggi dari pada kompor gas. Kompor gas di pasaran memiliki efisiensi sekitar 45%. Kompor induksi memiliki efisiensi sekitar 70% sampai dengan 86% dengan rentang daya 1000 W – 2000 W (ESDM, 2021), serta memiliki kecepatan

panas yang sangat cepat. Namun terdapat persepsi negatif terhadap kompor induksi, diantaranya adalah harga mahal dan tidak bisa digunakan jika mati lampu. Sedangkan persepsi positif terhadap kompor induksi adalah lebih aman, lebih praktis, dan modern.

Program konversi 18,2 juta kompor LPG menjadi kompor induksi pada tahun 2030 dan program pengembangan jaringan gas perkotaan sebesar 10 juta rumah tangga berpotensi menurunkan konsumsi LPG sebesar 3,84 juta ton per tahun dan subsidi LPG 3 kg sebesar Rp 21,83 triliun per tahun dengan subsidi rata-rata LPG 3 kg sebesar Rp 5.692 /kg (ESDM, 2021). Pada tahun 2050 diprediksi akan ada 48,2 juta rumah tangga yang akan memakai kompor induksi serta 23,4 juta RT yang akan dijangkau jargas perkotaan, dan berpotensi menurunkan konsumsi LPG sebesar 10,12 juta ton dan subsidi LPG sebesar Rp. 57,61 triliun (lihat tabel 6). Namun, di sisi lain diprediksi akan ada kenaikan kebutuhan listrik hingga mencapai 74 TWh, serta kenaikan kebutuhan gas bumi yang akan menyentuh 99 ribu MMSCF untuk kondisi tahun 2050 (lihat tabel 7).

Tabel 7.
Kenaikan Listrik Dan Gas Bumi Untuk Sektor Rumah Tangga

Jenis Energi	Tahun					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Listrik (TWh)	10,39	26,38	42,51	59,44	66,83	73,61
Gas Bumi (MMSCF)	16.873	44.752	75.278	103.308	102.395	98.992

Penghematan impor LPG sebesar 3,84 juta ton per tahun (2030) dan 10,12 juta ton per tahun (2050) akan menghemat devisa berturut turut sebesar US\$ 2,22 milyar US\$ (Rp. 31 triliun) per tahun dan 5,85 milyar US\$ (Rp. 82 triliun) per tahun dengan harga LPG rata-rata sebesar US\$ 578/*metric ton* (3MCO Haiphong Vietnam, 2022).

5. Kesimpulan

Penerapan peta jalan transisi energi menuju karbon netral untuk kebutuhan energi sektor rumah tangga dan sektor transportasi akan menyebabkan peranan BBM dan LPG pada tahun 2050 sebagai bahan bakar hanya 13% dan 1%. Peranan BBM dan LPG yang semakin menurun drastis ini karena adanya peranan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) di sektor transportasi serta substitusi jangka panjang dengan bahan bakar gas maupun listrik di sektor rumah tangga. Di samping itu, dengan adanya KBLBB dan dorongan pemakaian kompor induksi, pemanfaatan listrik diproyeksikan meningkat pesat dengan laju pertumbuhan 5,5% per tahun serta pangsa sebesar 31% pada tahun 2050.

Penerapan teknologi KBLBB berpotensi menghemat kebutuhan bensin pada tahun 2050 sebesar 68 juta kilo liter dan solar sebesar 2,7 juta kilo liter. Sementara, di sisi lain akan ada kenaikan kebutuhan listrik hingga mencapai 232 TWh jika dibandingkan dengan skenario BAU.

Program konversi kompor LPG menjadi kompor induksi serta program pengembangan jaringan gas di perkotaan berpotensi menghemat impor LPG sebesar 10,12 juta ton pada tahun 2050, dan pada akhirnya akan menghemat devisa sebesar 5,85 milyar US\$ (Rp. 82 triliun) dengan harga LPG rata-rata sebesar US\$ 578/*metric ton*. Tentunya pemanfaatan listrik dan gas bumi di sektor rumah tangga ini juga akan ada kenaikan hingga mencapai 74 TWh dan 99 ribu MMSCF pada tahun yang sama.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada BPPT, yang sekarang sudah berintegrasi ke dalam Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti program pendidikan jenjang S2 bidang energi berbasis riset di Universitas Diponegoro, sesuai dengan perjanjian Program Pendidikan Berbasis Riset Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Nomor : SP/41/BPPT/08/2021.

Daftar Pustaka

- 3MCO Haiphong Vietnam. (2022). Saudi Aramco LPG Prices Per Metric Tonne (2019-2022). <https://3mgas.vn/News/Saudi-Aramco-LPG-Prices-Per-Metric-Tonne-2021-N149.Html>
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2020). Catalog : 1101001. Statistik Indonesia 2020, 1101001, 790. <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- BPPT. (2020). Indonesia Energy Outlook 2020 - Special Edition Dampak Pandemi COVID-19 terhadap Sektor Energi di Indonesia. In PPIPE dan BPPT. https://www.researchgate.net/publication/343903321_OUTLOOK_ENERGI_INDONESIA_2020_Dampak_Pandemi_COVID-19_terhadap_Sektor_Energi_di_Indonesia
- BPS. (2015). Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045, Hasil SUPAS 2015.
- Dewan Energi Nasional. (2016). Outlook Energi Indonesia 2016 (S. Abdurrahman (ed.)). SEKRETARIAT JENDERAL DEWAN ENERGI NASIONAL.
- Dewan Energi Nasional. (2019). Outlook Energi Indonesia 2019. Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- Direktur Jenderal Industri Logam, Mesin, Alat Transportasi, Dan Elektronika, K. (2021). Pengembangan Industri Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB). Kementerian Perindustrian.
- Dr Anis Zaman and Ms. Charlotte Yong. (2021). CAPACITY BUILDING ON DEVELOPING SDG 7 ROADMAP USING NATIONAL EXPERT SDG TOOL FOR ENERGY PLANNING. Murdoch University, United Nations ESCAP.
- Edi Hilmawan, Fitriana, I., Sugiyono, A., & Adiarso (Eds.). (n.d.). Outlook Energi Indonesia 2021. Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) , BPPT.
- ESDM, B. L. (2021). Program Migrasi Kompor LPG Ke Kompor Induksi Listrik. KESDM.
- Heaps, C. (2020). Training Exercises Low Emissions Analysis Platform. Stockholm Environment Institute – U.S. Center 11 Curtis Avenue, Somerville, MA 02144-1224 USA.
- Heaps, C. G. (2021). LEAP: The Low Emissions Analysis Platform. [Software version: 2020.1.47]. Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. <https://leap.sei.org>
- Irawan Rahardjo, P. T. W. (2020). Kebutuhan Energi Untuk Pengembangan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (I. Fitriana, A. Sugiyono, Adiarso, & E. Hilmawan (Eds.)). Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) , BPPT.
- Kementerian ESDM. (2021). Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral.
- KESDM. (2021). Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2020 (A. C. Adi & F. Lasnawatin (Eds.)). Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia.
- Minister of Environment and Forestry. (2021). Indonesia Long-Term Strategy For Low Carbon And Climate Resilience 2050 (Indonesia LTS-LCCR 2050). Ministry of Environment and Forestry.

- Qolbi, A., & Utomo, A. (2020). Forecasting Indonesia's electricity generation: An application of long-range energy alternatives planning. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 551(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/551/1/012007>
- Santosa, J. (2020). Penguatan Ekonomi Berkelanjutan Melalui Penerapan Kendaraan Berbasis Listrik. In I. Fitriana, A. Sugiyono, Adiarso, & E. Hilmawan (Eds.), *PPIPE*, BPPT. Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Gedung 720, Klaster Inovasi dan Bisnis Teknologi Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan.
- Sugiyono, A., Santosa, J., Adiarso, & Hilmawan, E. (2020). Pemodelan Dampak COVID-19 Terhadap Kebutuhan Energi di Indonesia. *Jurnal Sistem Cerdas*, 3(2), 65–73. <https://doi.org/10.37396/jsc.v3i2.65>
- Windarta, J., Purwanggono, B., & Hidayanto, F. (2018). Application of LEAP model on long-term electricity demand forecasting in Indonesia, period 2010-2025. *SHS Web of Conferences*, 49(October), 02007. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184902007>