

ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI SEKTOR RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN KALKULATOR INDONESIA 2050

ANALYSIS OF THE USE OF HOUSEHOLD ENERGY SECTOR USING THE CALCULATOR INDONESIA 2050

Didik Sugiyanto

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin
Universitas 17 Agustus 1945 – Jakarta
didiksgy@gmail.com

Abstrak

Kalkulator Indonesia 2050 merupakan inovasi pemodelan berbasis *web*, menunjukkan sisi pasokan dan permintaan energi di Indonesia bersamaan dengan skenario tata guna lahan dan interaksi keduanya dalam menentukan tingkat keamanan energi, emisi gas rumah kaca, dan tata guna lahan di Indonesia di masa mendatang. Alat ini mudah digunakan bagi semua pihak yang terkoneksi dengan internet untuk mengetahui lebih dalam tentang perbedaan energi dan skenario penggunaan lahan hingga tahun 2050. Berdasarkan hasil skenario, diberikan pasokan tinggi untuk permintaan energi sektor rumah tangga untuk pencahayaan *level 4*, memasak *level 3*, pendingin *level 3*, dan lainnya *level 4*. Dengan hasil simulasi kalkulator 2050 terdapat kenaikan yang sangat signifikan terhadap intensitas energi sebesar 25% dari tahun 2011, yaitu dari 523,77 TWh/yr menjadi 923,23 TWh/yr. Berdasarkan kalkulasi 2050, pemerintah perlu membuat solusi tambahan energi dan media/komunikasi antara pemerintah dan publik terkait dengan berbagai kebijakan pemanfaatan energi. Pertimbangan dalam pengambilan kebijakan pemerintah yang bersumber dari masyarakat konsumsi energi rumah tangga.

Kata kunci: energi, rumah tangga, Kalkulator Indonesia 2050

Abstract

Calculator Indonesia 2050 is an innovative web-based modelling, showing the energy supply and demand in Indonesia in conjunction with land-use scenarios and how the two interact in determining the level of energy security, greenhouse gas emissions and land use in Indonesia in the future. It is a tool that is easy to use for everyone connected to the Internet to find out more in the difference in energy and land use scenarios up to 2050. Based on the scenario provides a high supply for the household sector energy demand for lighting level 4, the cooking level 3, coolant level Other levels 3 and 4 with the results of the simulation calculator 2050 there was a very significant increase to the energy intensity by 25% from 2011, which in 2011 amounted to 523.77 TWh/yr into 923.23 TWh/yr. Based on 2050 calculations Pathway Calculator 2050 the government needs to make additional solutions of energy and media/ communications between the government and the public associated with various energy utilization policy, consideration in government policy making sourced from the public household energy consumption.

Keywords: Energy, Household, Indonesia Calculator 2050

Tanggal Terima Naskah : 09 Agustus 2015
Tanggal Persetujuan Naskah : 20 Januari 2016

1. PENDAHULUAN

Kebijakan energi dan tata guna lahan suatu negara akan sangat berpengaruh pada laju perkembangan negara tersebut. Selain berdampak pada tingkat pembangunan ekonomi, kebijakan-kebijakan tersebut juga dapat berpengaruh pada perkembangan sumber-sumber energi baru dan terbarukan, jenis dan besar *demand energy* dari berbagai sektor, maupun pada kelestarian lingkungan. Menyadari pentingnya mencermati potensi dampak-dampak tersebut, Kementerian ESDM telah bekerja sama dengan UK *Department of Energy and Climate Change* untuk menghasilkan sebuah alat simulasi kebijakan bernama I2050PC (Indonesia 2050 *Pathway Calculator*), yang dapat diakses melalui: <http://calculator2050.esdm.go.id>. I2050PC merupakan suatu simulator berbasis *web* yang memungkinkan pengguna untuk memilih beberapa opsi kebijakan sektoral dan melihat dampak dari kombinasi pilihan-pilihan tersebut terhadap ketahanan energi, penggunaan lahan, dan emisi yang dihasilkan.

Semakin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil, khususnya minyak bumi, yang sampai saat ini masih merupakan tulang punggung dan komponen utama penghasil energi listrik di Indonesia, serta makin meningkatnya kesadaran akan usaha untuk melestarikan lingkungan, menyebabkan perlunya untuk mencari alternatif penyediaan energi listrik yang memiliki karakter: dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian energi fosil, khususnya minyak bumi; dapat menyediakan energi listrik dalam skala lokal regional; mampu memanfaatkan potensi sumber daya energi setempat, serta cinta lingkungan, dalam artian proses produksi dan pembuangan hasil produksinya tidak merusak lingkungan hidup di sekitarnya [1].

Sistem penyediaan energi listrik yang dapat memenuhi kriteria tersebut adalah sistem konversi energi yang memanfaatkan sumber daya energi terbarukan, seperti matahari, angin, air, biomas, dan lain sebagainya [2]. Tak dapat dipungkiri bahwa kecenderungan untuk mengembangkan dan memanfaatkan potensi sumber-sumber daya energi terbarukan saat ini telah meningkat dengan pesat, khususnya di negara-negara berkembang, yang telah menguasai rekayasa dan teknologi, serta mempunyai dukungan finansial yang kuat. PBB dan angka resmi pemerintah telah menunjukkan bahwa negara dengan bentangan terbesar ketiga hutan tropis setelah Amazon dan Kongo kehilangan 310.000 hektar hutannya antara tahun 2000 dan 2005, meningkat menjadi 690.000 hektar antara tahun 2006-2010. Pada tahun 2012, Indonesia kehilangan 840.000 hektar hutan primer, dibandingkan dengan 460.000 hektar di Brazil [3].

2050 Pathway Calculator adalah sebuah model kalkulasi pemanfaatan energi dan dampak pemanfaatan lahan, serta emisi gas rumah kaca yang berbasis *open source*. Model ini memungkinkan pengguna untuk mengeksplorasi pilihan skenario atau *pathway* terkait dengan pemanfaatan energi, serta implikasinya terhadap emisi sampai tahun 2050

Tujuan analisis ini adalah:

- a. Mengetahui permintaan jumlah energi dalam sektor rumah tangga
- b. *2050 Pathway Calculator* diharapkan menjadi media komunikasi antara Pemerintah dan Publik terkait dengan berbagai kebijakan pemanfaatan energi.
- c. Dapat menjadi salah satu sumber pertimbangan dalam pengambilan kebijakan pemerintah yang bersumber dari masyarakat.

Kalkulator 2050 Indonesia merupakan inovasi pemodelan berbasis *web*, yang menunjukkan sisi pasokan dan permintaan energi di Indonesia bersama dengan skenario tata guna lahan dan interaksi kedua dalam menentukan tingkat keamanan energi, emisi gas rumah kaca dan tata guna lahan di Indonesia di masa mendatang. Alat ini mudah digunakan bagi semua pihak yang terkoneksi dengan internet untuk mengetahui lebih dalam tentang perbedaan energi dan skenario penggunaan lahan hingga tahun 2050 [4].

Dikembangkan dari Kalkulator 2050 Inggris, Kalkulator 2050 Indonesia dibangun berdasarkan model keseimbangan energi lintas sektor untuk menentukan alur pembangunan yang mungkin terjadi hingga tahun 2050. Kalkulator 2050 Indonesia

dikembangkan oleh gabungan modeler dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia dan Institut Ekonomi Energi Indonesia (IEEE). Model ini telah melalui lebih dari 15 proses konsultasi dengan para ahli untuk memastikan bahwa berbagai kemungkinan alur pembangunan sudah tercakup di dalamnya.

Inggris menyelesaikan undang-undang perintis tentang Perubahan Iklim di tahun 2008 yang menetapkan ambisi target pengurangan emisi karbon sebesar 36% di tahun 2020 dan 80% di tahun 2050, sejalan dengan rancangan anggaran karbon lima tahunan. DECC meluncurkan Kalkulator 2050 Inggris pada tahun 2010 yang terbukti mampu meningkatkan debat publik tentang bagaimana sektor energi dikelola untuk memenuhi target tersebut. Kalkulator 2050 Inggris dapat diakses di UK 2050 *Calculator* di <http://2050-calculator-tool.decc.gov.uk>.

Indonesia merupakan negara dengan populasi terbesar keempat di dunia. Sensus 2010 oleh Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) mencatat jumlah penduduk Indonesia adalah 237.5 juta orang. Pada tahun 2011, konsumsi energi sektor rumah tangga Indonesia dari total konsumsi energi final menempati posisi kedua terbesar setelah sektor industri, yaitu mencapai 319.280.000 SBM atau 37,5% dari total konsumsi energi final. Biomassa adalah jenis energi yang paling banyak dikonsumsi di sektor ini, yaitu 73,3% dari total konsumsi energi final diikuti oleh listrik, LPG, dan gas kota, masing-masing 12,5%, 11,0%, 3,1%, 0,04% [5].

Disparitas konsumsi energi dan akses terhadap sumber daya energi adalah dua masalah utama konsumsi energi di sektor rumah tangga Indonesia [6]. Masalah ini disebabkan oleh karakteristik konsumsi energi di sektor rumah tangga Indonesia yang didominasi oleh konsumsi energi non komersial dan dominasi kelompok rumah tangga berpenghasilan tinggi di konsumsi energi komersial. Terdapat banyak faktor yang menentukan konsumsi energi di sektor rumah tangga, diantaranya demografi, ekonomi, teknologi, dan gaya hidup. Peningkatan populasi akan meningkatkan jumlah rumah tangga, yang pada akhirnya akan meningkatkan konsumsi energi rumah tangga. Konsumsi energi rumah tangga juga ditentukan oleh pendapatan rumah tangga, dimana keluarga dengan pendapatan yang lebih tinggi pada umumnya mengkonsumsi energi lebih banyak dibandingkan keluarga dengan pendapatan yang lebih rendah [7].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data menggunakan data dari *Web-tool*, dapat diakses di <http://calculator2050.esdm.go.id>. Dalam studi kasus terdapat empat sektor permintaan energi, yaitu sektor rumah tangga, komersial, industri, dan transportasi. Dalam *paper* ini akan dibahas untuk sektor rumah tangga dengan struktur model pada penerangan, pendinginan, memasak, dan lainnya (TV, lemari es, dan lain-lain). Jenis penggunaan energi rumah tangga adalah listrik, minyak tanah, biomassa (kayu bakar), LPG (gas bumi), briket, dan biogas.

Konsumsi energi rumah tangga dihitung dengan menggunakan model *end-use*. Pendekatan ini digunakan dengan tujuan untuk mengakomodasi penurunan intensitas energi di masa mendatang yang disebabkan oleh perubahan teknologi. Dengan menggunakan pendekatan ini, konsumsi energi merupakan perkalian dari tingkat aktivitas dan intensitas energi.

$$\text{Konsumsi Energi} = \text{Tingkat Efektivitas} \times \text{Intensitas Energi} \dots\dots\dots(1)$$

Pada sektor rumah tangga, tingkat aktivitas adalah jumlah rumah tangga sedangkan intensitas terdiri atas empat jenis pemanfaatan energi dalam rumah tangga, yaitu pencahayaan, memasak, pendinginan, dan lain-lain, seperti televisi, dispenser,

setrika, kipas angin, dan lain-lain. Jumlah rumah tangga dapat dihitung dengan membagi jumlah penduduk dengan ukuran rumah tangga. Tabel 1 menunjukkan prediksi jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga dari tahun 2011-2050.

Tabel 1 Proyeksi Jumlah penduduk dan rumah tangga [8]

Tahun	Jumlah Penduduk (Juta)	Jumlah Rumah Tangga (Ribu)
2011	242.0	62200
2015	255.5	65600
2020	271.1	69400
2025	282.1	74352
2030	293.6	79658
2035	305.5	85342
2040	317.9	91431
2045	330.9	97955
2050	344.3	104945

Data proyeksi jumlah penduduk dari tahun 2011 sampai tahun 2020 didapatkan dari presentasi Badan Pusat Statistik (BPS) pada saat *stakeholder consultation*. Data historis penduduk Indonesia pada rentang tahun 1990-2008 menunjukkan ukuran rumah tangga menurun 0,58% per tahun [9]. Model ini menggunakan data persentase tersebut untuk memproyeksikan ukuran rumah tangga dari tahun dasar (2020) hingga tahun 2050.

Tabel 2 Struktur model sektor rumah tangga

Struktur	Aktivitas	Unit Intensitas
Pencahayaannya	Jumlah rumah tangga	boe/rt/tahun
Memasak		boe/rt/tahun
Pendinginan (AC)		boe/rt/tahun
Lain-lain		boe/rt/tah

Keterangan: boe merupakan singkatan dari *barrel of oil equivalent* atau setara barel minyak (SBM)

Data tahun dasar intensitas energi untuk setiap jenis penggunaan (pencahayaannya, memasak, pendinginan, dan lain-lain) diambil dari *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2012* dan kesepakatan *core team* [1]. Penilaian ini didasarkan atas berbagai penelitian dan dokumen pemerintah. Intensitas energi untuk setiap jenis penggunaan berbeda antara rumah tangga perkotaan dan pedesaan. Model ini menggunakan kesepakatan *core team* dalam menentukan perbedaan intensitas antara rumah tangga pedesaan dan rumah tangga perkotaan (dalam persentase).

Teknologi merupakan faktor penting yang menentukan intensitas energi setiap jenis pemanfaatan energi. Konsultasi dengan para pemangku kepentingan telah dilakukan untuk memproyeksikan intensitas energi dari tahun dasar hingga 2050. Tujuan dari konsultasi ini adalah untuk mendapatkan masukan dari para pemangku kepentingan yang terkait dengan pengurangan intensitas energi untuk setiap jenis pemanfaatan (pencahayaannya, memasak, AC, dan lain-lain). Pengurangan intensitas energi tidak hanya dikaitkan dengan teknologi peralatan tetapi juga faktor lain, seperti desain pasif bangunan (misalnya isolasi, pencahayaannya alami, dan lain-lain).

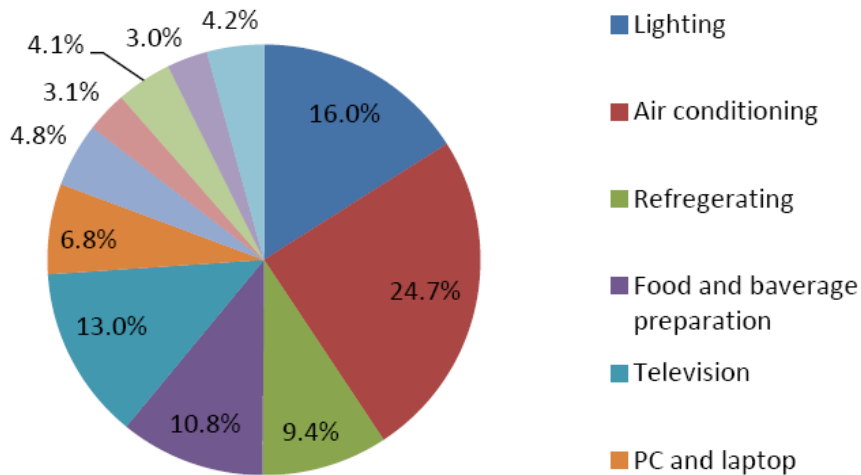
2.1.1 Expert Judgment Intensitas Energi per Penggunaan

Karena struktur konsumsi energi sektor rumah tangga di *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2012* berbeda dari struktur dalam model ini. *Expert judgement* diperlukan untuk menemukan intensitas energi setiap pemanfaatan energi pada tahun dasar. Tabel 3 menyajikan asumsi *core team modeler* dalam menentukan konsumsi energi untuk setiap pemanfaatan berdasarkan jenis bahan bakarnya.

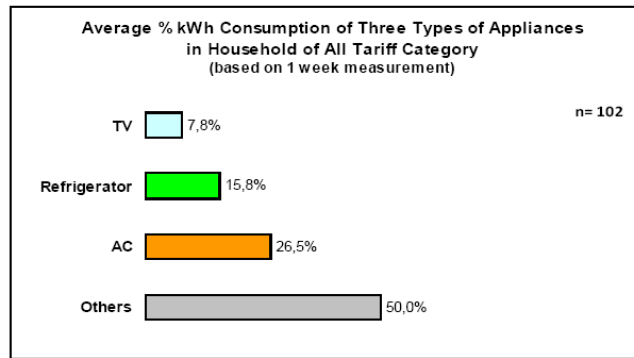
Tabel 3. Asumsi konsumsi energi untuk setiap pemanfaatan energi berdasarkan jenis bahan bakar [10]

	Biomassa	Kerosen	LPG	Electricity
Pencahayaian		1		19%
Memasak	100%	99%	100%	9%
Pendingin				24%
Lain-lain				48%

Untuk konsumsi listrik, kesepakatan dari *core team modeler* pada tabel 3 didasarkan pada beberapa studi tentang survei konsumsi energi rumah tangga di Indonesia [11,12]. Hasil survei tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Pangsa konsumsi listrik rumah tangga perkotaan Indonesia menurut penggunaan [11]



Gambar 2. Pangsa konsumsi listrik rumah tangga untuk semua golongan tarif (berdasarkan pada 1 minggu pengukuran) [12]

2.1.2 Asumsi Intensitas Energi per Periode

Intenitas energi per rumah tangga dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain pertumbuhan ekonomi, efisiensi teknologi, dan gaya hidup. Pertumbuhan ekonomi yang meningkat menyebabkan pendapatan per kapita meningkat, sehingga akan menyebabkan peningkatan standar hidup dan konsumsi energi di rumah tangga. Walaupun jumlah peralatan dalam rumah tangga meningkat seiring dengan peningkatan taraf hidup, tetapi konsumsi energi per peralatan diperkirakan akan turun akibat peningkatan efisiensi. Kesadaran akan pentingnya penghematan energi juga akan berkontribusi terhadap pengurangan konsumsi energi di sektor rumah tangga.

Secara umum, tingkat pertumbuhan ekonomi dan penetrasi teknologi yang lebih efisien akan berbeda pada rentang waktu yang berbeda. *Core team modeler* sepakat untuk membagi periode penurunan intensitas dalam tiga periode, yaitu 2011-2025, 2026-2035, dan 2036-2050. Nilai intensitas dalam tiap periode dihitung dengan menggunakan teknik interpolasi. Detil peningkatan atau penurunan intensitas tiap periode dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai pada tabel 4 didasarkan pada beberapa faktor, yaitu peningkatan rasio elektrifikasi, peningkatan standar hidup, dan penetrasi teknologi yang lebih efisien, termasuk di dalamnya pengaruh *passive design* seperti perbaikan insulasi dan pencahayaan alami.

Tabel 4. Asumsi intensitas energi per periode

Struktur	Leveling	Penambahan (Pengurangan) Intensitas Energi Relatif Terhadap Tahun Dasar 2011		
		2025	2035	2050
Pencahaya-an	Level 1	30 %	35 %	25 %
	Level 2	20 %	25 %	5 %
	Level 3	10 %	15 %	(10 %)
	Level 4	5 %	8 %	(25 %)
Memasak	Level 1	30 %	35 %	25 %
	Level 2	20 %	25 %	15 %
	Level 3	10 %	15 %	0 %
	Level 4	5 %	8 %	(10 %)
Pendingin	Level 1	30 %	35 %	25 %
	Level 2	20 %	25 %	5 %
	Level 3	10 %	15 %	(10 %)
	Level 4	5 %	8 %	(20 %)
Lain-lain	Level 1	30 %	35 %	25 %
	Level 2	20 %	25 %	10 %
	Level 3	10 %	15 %	0 %
	Level 4	5 %	8 %	10 %

Tabel 4 menunjukkan peningkatan dan penurunan intensitas energi pada tahun-tahun tertentu (2025, 2035, dan 2050) terhadap tahun dasar (2011). Tabel 4 menunjukkan bahwa antara tahun dasar sampai tahun 2025 diasumsikan intensitas energi per rumah tangga meningkat, kemudian meningkat lagi tetapi dengan laju yang lebih kecil dari periode sebelumnya sampai 2035, selanjutnya turun sampai tahun 2050. Tren naiknya intensitas energi dari tahun dasar sampai tahun 2025 disebabkan naiknya standar hidup dan rasio elektrifikasi. Hal ini diperkuat dengan adanya data daftar tunggu rumah tangga yang menginginkan akses listrik pada statistik PLN [13].

Fakta ini menunjukkan bahwa sesungguhnya potensi konsumsi energi di rumah tangga lebih besar daripada yang tercatat pada *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2012*. Antara tahun 2026-2035 intensitas energi diasumsikan naik dengan laju yang lebih lambat, di satu sisi terjadi tambahan rumah tangga yang mendapatkan akses energi dan penambahan peralatan pengonsumsi energi akibat peningkatan taraf hidup, di sisi yang lain terjadi penurunan intensitas energi per peralatan akibat penetrasi teknologi yang lebih efisien. Antara tahun 2036-2050 akses energi rumah tangga sudah hampir jenuh sedangkan terjadi penetrasi teknologi yang lebih efisien. Hal ini menyebabkan penurunan intensitas energi.

2.1.3 Logika Leveling

Perubahan intensitas energi pada pada Tabel 4 untuk tiap *level* diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu: (1) pertumbuhan ekonomi yang berakibat pada peningkatan taraf hidup, (2) efisiensi teknologi, (3) rasio elektrifikasi, (4) subsidi listrik, dan (5) gaya hidup, termasuk usaha untuk menghemat energi yang diterapkan pada desain bangunan rumah. Besarnya penetrasi teknologi yang lebih efisien serta pengaruh *passive design* dapat

terjadi secara alami ataupun dapat ditunjang dengan kebijakan pemerintah yang bersifat mengikat. Instrumen pemerintah untuk meningkatkan penetrasi teknologi yang efisien antara lain rencana penerapan kebijakan Standar dan Label hemat energi untuk peralatan pemanfaatan energi di rumah tangga.

Secara umum tingkat konsumsi energi rumah tangga akan dipengaruhi oleh tingkat penghasilan. Semakin besar penghasilan, orang akan cenderung membeli peralatan untuk keperluan kenyamanan dalam rumah tangga. Hal ini berimplikasi terhadap naiknya konsumsi energi di rumah tangga. Subsidi listrik juga sangat mempengaruhi pola konsumsi energi di rumah tangga. Semakin kecil subsidi listrik berkaitan dengan semakin tingginya harga listrik. Hal ini berakibat pada turunnya intensitas listrik akibat adanya kesadaran tentang pentingnya menghemat listrik. Pada *level 1*, diasumsikan subsidi listrik seperti pada kondisi tahun dasar sampai tahun 2050. Pada *level 2*, diasumsikan subsidi listrik hanya untuk golongan tertentu. *Level 3* mengasumsikan subsidi untuk golongan tertentu hanya sampai tahun 2025, tahun 2026-2050 diasumsikan sudah tidak ada subsidi. Untuk *level 4*, diasumsikan sudah tidak ada subsidi dari tahun dasar sampai tahun 2050.

Logika perubahan intensitas untuk masing-masing penggunaan di tiap *level* dapat dielaborasi sebagai berikut:

a. Konsumsi Energi Rumah Tangga untuk Pencahayaan

Secara umum, faktor yang mempengaruhi besarnya intensitas pencahayaan adalah komposisi teknologi pencahayaan, yang terdiri dari Lampu bohlam, *Compact Fluorescent Lamp* (CFL), *Light Emitting Diode* (LED), *Lighting Sensor*, dan pencahayaan alami. Untuk tiap-tiap *level*, komposisi dari teknologi tersebut adalah sebagai berikut:

Level 1

Level 1 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, intensitas konsumsi pencahayaan naik sebesar 30%. Titik lampu per rumah tangga diperkirakan meningkat akibat adanya peningkatan taraf hidup dan peningkatan rasio elektrifikasi. Kebijakan standar dan label hemat energi tidak bersifat mengikat, penetrasi LED hanya 20%. Pada periode 2026-2035, intensitas konsumsi pencahayaan naik sebesar 35% dibanding tahun dasar pada tahun 2035. Pada 2035-2050, komposisi lampu di rumah tangga masih didominasi oleh CFL dan penetrasi LED 40%. Kondisi seperti ini berimplikasi kepada turunnya konsumsi energi per rumah tangga dari periode sebelumnya tetapi masih 25% lebih besar dibandingkan dengan tahun dasar.

Level 2

Level 2 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, sebagian rumah tangga (35%) sudah mengadopsi lampu LED. Intensitas pencahayaan per rumah tangga diprediksi naik 20% dari tahun dasar. Pada periode 2026-2035, intensitas energi masih naik tetapi dengan laju yang lebih rendah. Rasio elektrifikasi naik dan menjadi 100% pada tahun 2035. Penetrasi LED sebesar 40% dari total teknologi pencahayaan yang ada. Kombinasi dari faktor-faktor tersebut berkontribusi terhadap kenaikan intensitas konsumsi pencahayaan sebesar 25% dibanding tahun dasar pada tahun 2035. Pada tahun 2050, teknologi lampu di rumah tangga didominasi oleh CFL dan LED dengan komposisi masing-masing 50%, teknologi bohlam sudah tidak digunakan lagi. Instrumen kebijakan Standar dan Label hemat energi tidak bersifat mengikat. Intensitas energi turun dari periode sebelumnya tetapi masih 5% lebih besar dibandingkan dengan tahun dasar.

Level 3

Level 3 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, intensitas energi diprediksi naik 10% dari tahun dasar. Pada periode 2026-2035, intensitas energi masih naik tetapi dengan laju yang lebih rendah, intensitas energi diprediksi lebih besar 15% dari tahun dasar. Pada tahun 2050, komposisi lampu di rumah tangga didominasi oleh LED. Hal ini

akibat adanya kebijakan Standar Kinerja Energi Minimum (SKEM) yang bersifat *mandatory* sementara kebijakan labelisasi masih bersifat *voluntary*. Usaha-usaha tersebut mengakibatkan penurunan intensitas energi untuk pencahayaan sebesar 10% di tahun 2050 dibanding tahun dasar (2011).

Level 4

Level 4 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, penetrasi LED diperkirakan sudah mencapai 90% di tahun 2025. Intensitas energi untuk pencahayaan diprediksi naik 5% dari tahun dasar. Pada periode 2026-2035 intensitas energi masih naik tetapi dengan laju yang lebih rendah, intensitas energi diprediksi lebih besar 8% dari tahun dasar. Pada tahun 2050, intensitas energi diasumsikan sebesar 25% lebih kecil dari tahun dasar, hal ini disebabkan oleh penetrasi lampu LED, pencahayaan alami, dan *lighting sensor* yang sudah diadopsi secara luas akibat adanya kewajiban SKEM dan labelisasi pada lampu.

b. Konsumsi energi rumah tangga untuk memasak

Secara umum, faktor yang mempengaruhi besarnya intensitas energi untuk memasak adalah jenis kompor, jenis bahan bakar, peralatan memasak yang digunakan, dan kebiasaan dalam memasak. Biomassa, minyak tanah, gas kota, dan listrik adalah jenis-jenis energi yang secara umum digunakan untuk memasak di Indonesia. Pemerintah menerapkan kebijakan untuk mengurangi konsumsi biomassa dan minyak tanah untuk keperluan memasak dengan tujuan untuk mengurangi ketergantungan impor minyak dan meningkatkan standar hidup masyarakat.

Level 1

Level 1 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, konsumsi energi untuk memasak per rumah tangga sebesar 30% dari tahun dasar. Pada periode 2026-2035, penggunaan kompor dan peralatan memasak yang efisien hanya 30% di tahun 2035. Hal ini mengakibatkan konsumsi energi untuk memasak diperkirakan naik 35% dari tahun dasar. Pada tahun 2050, penggunaan kompor dan peralatan memasak dengan efisiensi tinggi belum diadopsi secara luas dan masih jauh dari target. Kompor LPG yang efisien hanya mencapai 40% dari total populasi kompor LPG. Instrumen kebijakan standar dan label hemat energi untuk kompor dan peralatan memasak tidak bersifat mengikat. Intensitas energi untuk memasak turun dari periode sebelumnya tetapi masih 25% lebih besar dibandingkan dengan tahun dasar.

Level 2

Level 2 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, 30% rumah tangga sudah menggunakan kompor LPG dengan efisiensi tinggi. Kondisi ini menyebabkan konsumsi energi untuk memasak naik 20% jika dibandingkan dengan tahun dasar. Pada periode 2026-2035, penggunaan kompor dan peralatan memasak yang efisien hanya 40% di tahun 2035. Konsumsi energi untuk memasak per rumah tangga naik tetapi dengan laju yang lebih rendah, yaitu diperkirakan 25% lebih besar dari tahun dasar. Pada tahun 2050, 50% rumah tangga sudah menggunakan kompor LPG yang efisien. Konsumsi energi untuk memasak di rumah tangga lebih tinggi 15% dari tahun dasar.

Level 3

Level 3 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, jumlah rumah tangga yang mendapatkan akses LPG meningkat di kota dan desa, infrastruktur gas kota sudah dibangun di kota-kota besar. Konsumsi energi untuk memasak per rumah tangga naik 10% dibandingkan dengan tahun dasar. Pada periode 2026-2035 jumlah rumah tangga yang mendapatkan akses LPG, gas kota, dan biogas naik tetapi dengan laju yang lebih rendah dari periode sebelumnya. Kompor LPG yang hemat energi sudah diadopsi 95% oleh rumah tangga Indonesia di tahun 2035. Konsumsi energi untuk memasak diperkirakan lebih tinggi 15% dari tahun dasar pada tahun 2050.

Level 4

Level 4 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, jumlah rumah tangga yang mendapatkan akses LPG meningkat, infrastruktur gas kota sudah dibangun secara masal di kota-kota besar, dan instalasi biogas di kawasan pedesaan. Konsumsi energi untuk memasak per rumah tangga naik 5% dibandingkan dengan tahun dasar. Pada periode 2026-2035, konsumsi energi per rumah tangga untuk memasak naik 8% dari tahun dasar. Pada tahun 2050, instrumen kebijakan standar dan label hemat energi untuk kompor dan peralatan memasak bersifat mengikat. Intensitas energi untuk memasak lebih kecil 10% dari tahun dasar.

c. Konsumsi Rumah tangga untuk Pendinginan

Konsumsi energi untuk pendinginan dipengaruhi teknologi AC, insulasi, dan desain bangunan. Penjelasan penurunan intensitas akibat teknologi tersebut adalah sebagai berikut:

Level 1

Level 1 mengasumsikan pada tahun 2011-2025, adanya peningkatan taraf hidup dan usaha pemerintah untuk meningkatkan rasio elektrifikasi membuat intensitas energi untuk pendinginan diprediksi naik 30% dari tahun dasar. Pada tahun 2025 populasi AC dengan teknologi *low wattage* diperkirakan mencapai 40% dari total populasi AC yang digunakan di rumah tangga Indonesia. Pada periode 2026-2035, intensitas energi diprediksi lebih besar 35% dari tahun dasar. Penetrasi AC *low wattage* diperkirakan 70% dari total populasi AC yang digunakan di rumah tangga. Pada tahun 2050, intensitas energi untuk pendinginan turun dari periode sebelumnya tetapi masih 25% lebih besar dari tahun dasar. Untuk semua periode, Instrumen kebijakan Standar dan Label hemat energi untuk AC tidak bersifat mengikat. SKEM dan Labelisasi masih bersifat *voluntary*.

Level 2

Level 2 mengasumsikan periode 2011-2025, AC dengan teknologi *low wattage* mencapai 70% dari total populasi AC yang digunakan di rumah tangga Indonesia. Konsumsi listrik per rumah tangga di tahun 2025 naik 20% dibanding dengan konsumsi pada tahun dasar. Pada periode 2026-2035, penggunaan AC dengan teknologi *low wattage* menyebabkan intensitas energi diprediksi lebih besar 25% dari tahun dasar. Pada tahun 2050, penggunaan *Air Handling Unit* (AHU) dan teknologi *inverter* sudah mulai diadopsi dengan alasan pertimbangan ekonomis. SKEM dan Labelisasi masih bersifat *voluntary*. Intensitas energi turun dari periode sebelumnya tetapi masih 10% lebih tinggi dari tahun dasar.

Level 3

Level 3 mengasumsikan pada periode 2011-2025, penetrasi AC dengan teknologi *low wattage* dan *inverter* yang sudah mencapai masing-masing 70% dan 20% membuat intensitas energi untuk pendinginan diprediksi naik 10% dari tahun dasar. Pada periode 2026-2035, semua AC sudah berteknologi *low wattage* dan *inverter* dengan *share* masing-masing 50%, intensitas energi diprediksi lebih besar 15% dari tahun dasar. AC jenis *inverter* sudah diadopsi secara luas di tahun 2050 akibat adanya kebijakan pemerintah tentang SKEM dan labelisasi pada produk AC.

Level 4

Level 4 mengasumsikan pada periode 2011-2025, adanya peningkatan taraf hidup dan usaha pemerintah untuk meningkatkan rasio elektrifikasi serta penetrasi AC dengan teknologi *low wattage* dan *inverter* yang sudah mencapai masing-masing 80% dan 30% membuat intensitas energi untuk pendinginan diprediksi naik 10% dari tahun dasar. Pada periode 2026-2035, semua AC sudah berteknologi *low wattage* dan *inverter* dengan *share* masing-masing 30% dan 70%. Konsumsi energi per rumah tangga untuk pendinginan lebih besar 15% dari tahun dasar. Pada tahun 2050, AC jenis *inverter* sudah diadopsi secara luas akibat adanya kebijakan pemerintah tentang SKEM dan labelisasi pada produk AC. Di sisi lain, desain bangunan baru sudah sangat

memperhatikan sirkulasi udara sehingga dapat mengurangi kebutuhan pendinginan. Intensitas energi untuk pendinginan turun sebesar 20% dibanding tahun dasar.

d. Peralatan lainnya di sektor rumah tangga

Peralatan lainnya dalam rumah tangga diasumsikan menggunakan listrik. Peralatan lainnya merujuk pada peralatan rumah tangga selain penerangan, memasak, dan pendingin. Peralatan yang dimaksud dapat berupa televisi, setrika, penghisap debu, dan peralatan-peralatan lainnya. Teknologi motor yang efisien menjadi salah satu faktor penentu konsumsi energi untuk subsektor ini. Teknologi *Variable Frequency Drive* (VFD) adalah jenis teknologi motor listrik yang dapat menyesuaikan kecepatan dan torsi dengan frekuensi dan voltase *input*. Teknologi tersebut dan penerapan Standar Kinerja Energi Minimum (SKEM) diharapkan dapat menghemat konsumsi listrik secara signifikan.

Level 1

Level 1 mengasumsikan pada periode 2011-2025, adanya peningkatan taraf hidup dan usaha pemerintah untuk meningkatkan rasio elektrifikasi membuat jumlah peralatan listrik per rumah tangga meningkat. Pada tahun 2025, penetrasi peralatan teknologi dengan efisiensi tinggi hanya sebesar 20%. Konsumsi energi untuk subsektor peralatan lainnya sebesar 30%. Pada periode 2026-2035, 30% rumah tangga sudah menggunakan peralatan yang efisien. Kondisi ini mengakibatkan konsumsi energi per rumah tangga untuk peralatan-peralatan pada subsektor ini naik sebesar 35% dari tahun dasar. SKEM dan Labelisasi sudah mulai diterapkan tetapi tidak bersifat mengikat. Pada tahun 2050 intensitas energi masih 25% lebih dibandingkan dengan tahun dasar, karena baru 40% rumah tangga yang menggunakan peralatan yang efisien.

Level 2

Level 2 mengasumsikan pada periode 2011-2025, 30% rumah tangga menggunakan peralatan yang efisien. Konsumsi energi untuk rumah tangga pada sektor ini lebih besar 20% dibanding tahun dasar. Pada periode 2026-2035, 40% rumah tangga sudah menggunakan peralatan yang efisien. Konsumsi energi per rumah tangga untuk subsektor ini diprediksi lebih besar 25% dari tahun dasar. Pada tahun 2050, SKEM dan Labelisasi sudah diterapkan tetapi belum bersifat mengikat. Peralatan yang efisien sangat mudah ditemui di pasaran, 50% rumah tangga sudah menggunakan peralatan yang efisien. Konsumsi energi rumah tangga untuk subsektor ini masih 10% lebih tinggi dibandingkan dengan tahun dasar.

Level 3

Level 3 mengasumsikan pada periode 2011-2025, penetrasi peralatan yang efisien sudah mendekati target (65%). Intensitas energi meningkat sebesar 10% dibanding tahun dasar. Pada periode 2026-2035, walaupun rasio elektrifikasi meningkat tetapi laju peningkatannya tidak secepat periode sebelumnya. Sebanyak 95% rumah tangga sudah menggunakan teknologi yang efisien. Intensitas konsumsi energi untuk subsektor ini diprediksi 15% lebih tinggi dari tahun dasar. Pada tahun 2050, peralatan dengan efisiensi tinggi sudah diadopsi secara luas. SKEM sudah diwajibkan untuk semua peralatan sementara Labelisasi tetapi masih tidak bersifat mengikat. Usaha-usaha tersebut mengakibatkan intensitas energi sama seperti pada tahun dasar.

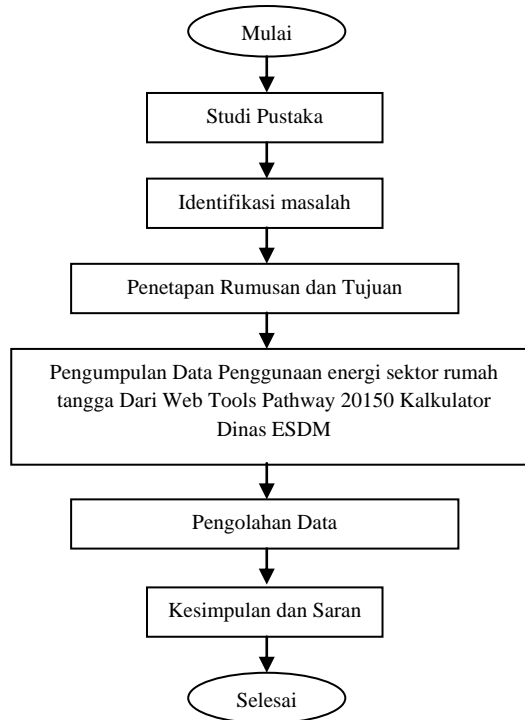
Level 4

Level 4 mengasumsikan pada periode 2011-2025, persentase rumah tangga yang menggunakan peralatan yang efisien lebih tinggi dari prediksi sebesar 80%. Hal ini mengakibatkan konsumsi energi untuk subsektor ini meningkat sebesar 5% dari tahun dasar. Pada periode 2026-2035, seluruh rumah tangga sudah menggunakan peralatan yang efisien, intensitas energi diprediksi lebih besar 8% dari tahun dasar. Pada tahun 2050, SKEM dan Labelisasi sudah diwajibkan untuk semua peralatan. Pada *level* ini, kesadaran menghemat energi sudah tinggi, perilaku menghemat energi sudah diadopsi

secara luas. Usaha-usaha tersebut mengakibatkan konsumsi energi pada subsektor ini lebih kecil 10% dari tahun dasar.

2.2 Kerangka Pemecahan Masalah

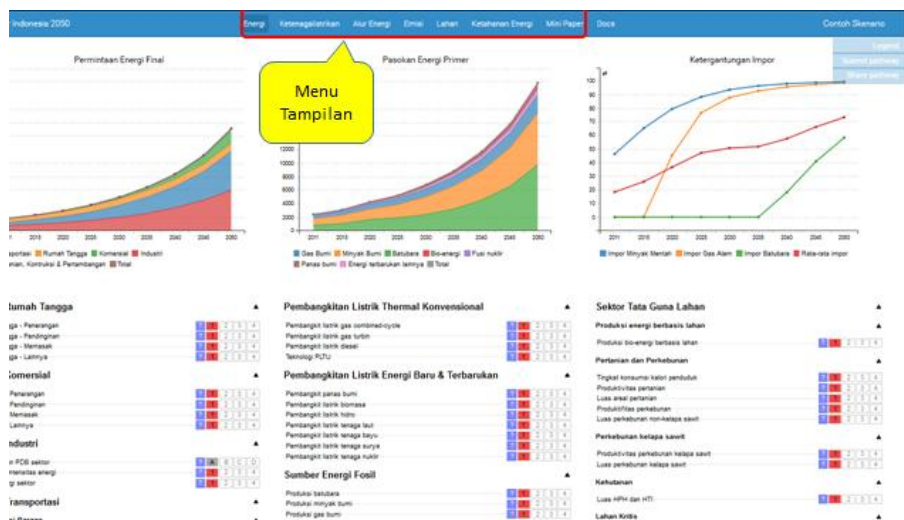
Kerangka pemecahan masalah dapat dilihat pada *flowchart* berikut.



Gambar 3. Kerangka pemecahan masalah

2.3 Tahapan Penggunaan *Webtool* Indonesia 2050 *Pathway Calculator*

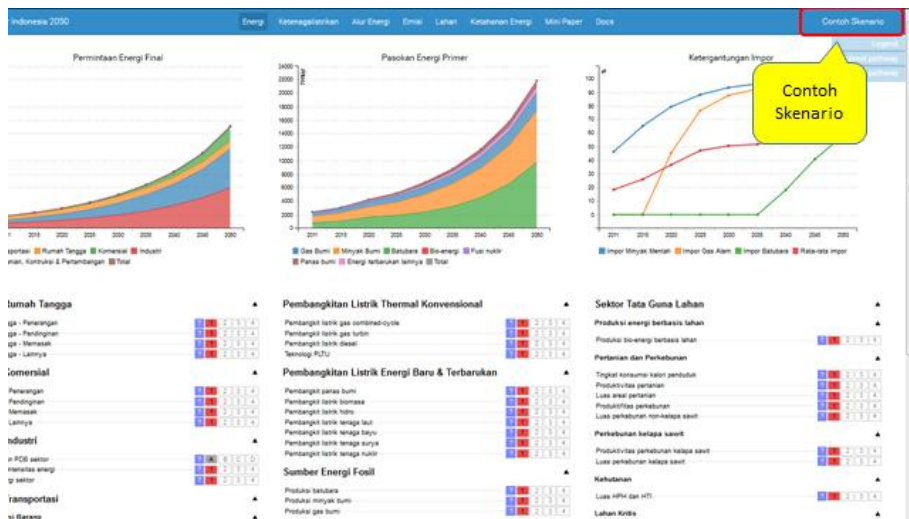
Berikut adalah tahapan penggunaan *Webtool* Indonesia 2050.



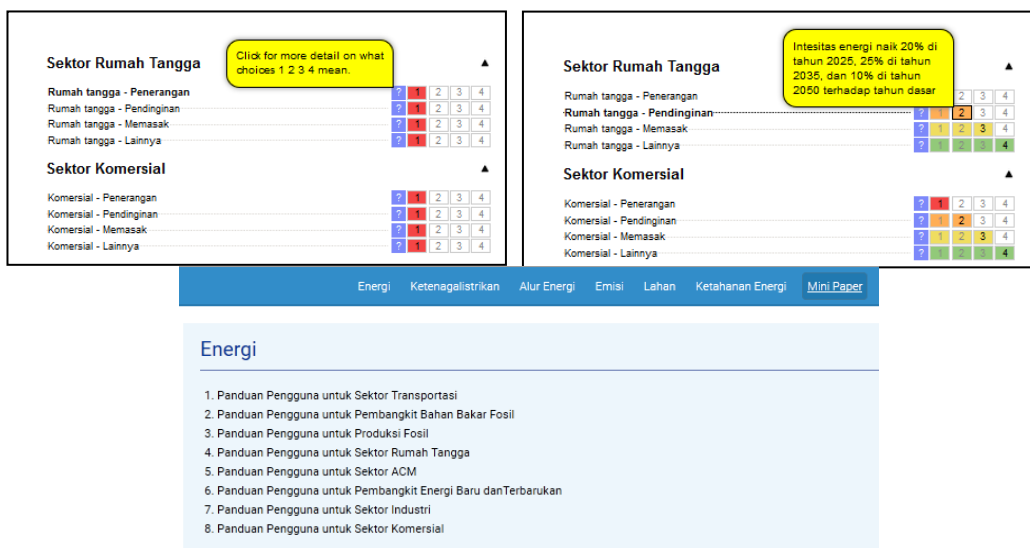
Gambar 4. Tahapan penggunaan *Webtool* Indonesia 2050 *Pathway Calculator*



Gambar 5. Tahapan penggunaan Webtool Indonesia 2050 Pathway Calculator



Gambar 6. Tahapan penggunaan Webtool Indonesia 2050 Pathway Calculator



Gambar 7. Pencarian informasi mengenai masing-masing skenario

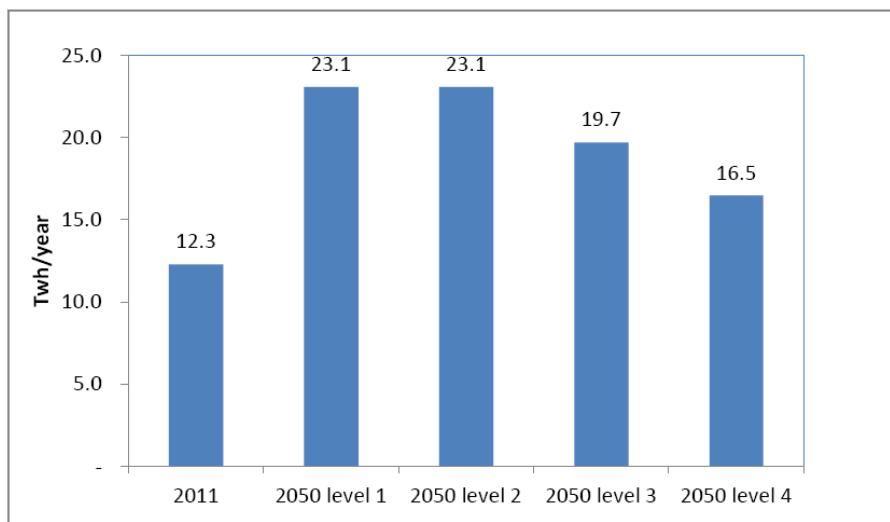
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil yang diperoleh, konsumsi skenario energi di sektor rumah tangga untuk pencahayaan adalah sebagai berikut:

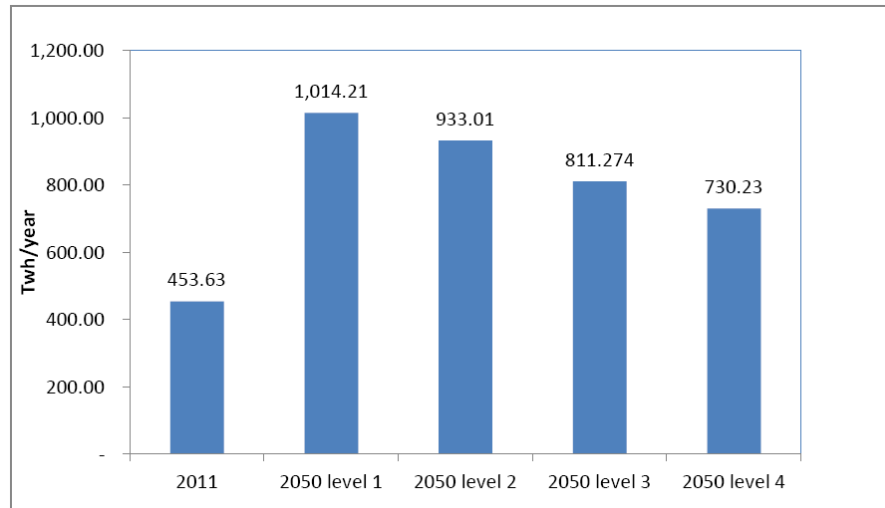


Gambar 8. Skenario energi di sektor rumah tangga untuk pencahayaan

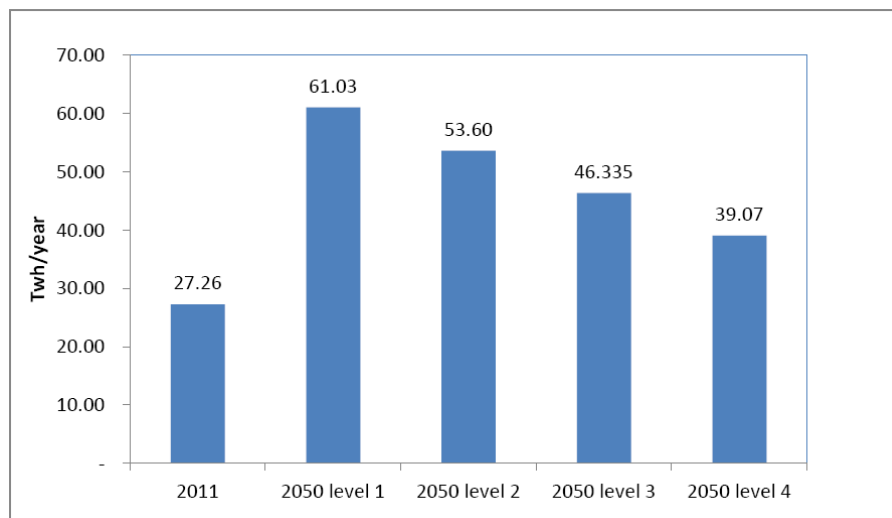
Berdasarkan hasil skenario, diperoleh pasokan tinggi pada *level 4* untuk permintaan energi sektor rumah tangga untuk pencahayaan. Berdasarkan hasil simulasi kalkulator 2050 terdapat kenaikan yang sangat signifikan terhadap intensitas energi sebesar 25% dari tahun 2011, yaitu dari 523,77 TWh/yr menjadi 923,23 TWh/yr.



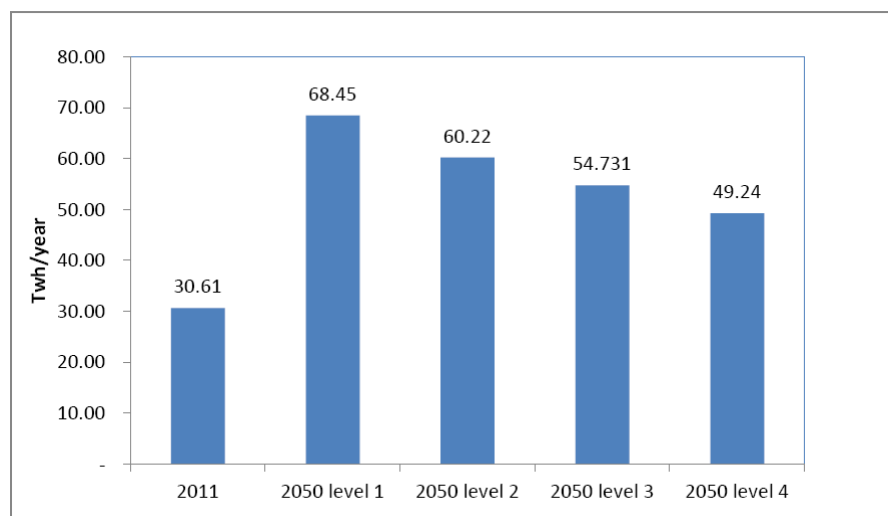
Gambar 9. Konsumsi energi rumah tangga untuk pencahayaan



Gambar 10. Konsumsi energi rumah tangga untuk memasak



Gambar 11. Konsumsi energi rumah tangga untuk pendingin



Gambar 12. Konsumsi energi rumah tangga untuk peralatan lain

4. KESIMPULAN

Berdasarkan skenario penelitian yang telah dilakukan menggunakan simulasi kalkulator indonesia 2050, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Permintaan jumlah energi dalam sektor rumah tangga berdasarkan skenario untuk pencahayaan *level 4*, memasak *level 3*, pendinginan *level 3*, dan lainnya *level 4*, dapat diketahui pada tahun 2050 terdapat kenaikan yang sangat signifikan terhadap intensitas energi sebesar 25% dari tahun 2011, yaitu dari 523,77 TWh/yr menjadi 923,23 TWh/yr.
2. Berdasarkan kalkulasi *Pathway Calculator 2050*, pemerintah perlu membuat solusi tambahan energi dan media komunikasi antara Pemerintah dan Publik terkait dengan berbagai kebijakan pemanfaatan energi
3. Pertimbangan dalam pengambilan kebijakan pemerintah yang bersumber dari masyarakat konsumsi energi rumah tangga.

REFERENSI

- [1]. Batih, H. 2011. Improvement of Indonesia's Energy Security and Co2 Emission Reduction By Energy Conservation of Household Sector in Urbanized Area, in Joint Graduate School of Energy and Environment. Bangkok: King Mongkuts University of Technology Thonburi.
- [2]. BPS. 2014. Perkembangan Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga.
- [3]. Core team modeler. "Core team modeler meeting" (2014). Bandung.
- [4]. Djojonegoro, W. 1992. "Pengembangan dan penerapan energi baru dan terbarukan, Lokakarya "Bio Mature Unit" (BMU) untuk pengembangan masyarakat pedesaan." Jakarta: BPPT.
- [5]. Kementerian ESDM. "Peluncuran Kalkulator Indonesia 2050" (2015). <http://ebtke.esdm.go.id/post/2015/04/21/834/peluncuran.kalkulator.indonesia.2050>
- [6]. Vidal, John. "Rate of deforestation in Indonesia overtakes Brazil, says study" (2014). <http://www.theguardian.com/environment/2014/jun/29/rate-of-deforestation-in-indonesia-overtakes-brazil-says-study>
- [7]. JICA. 2011. "JICA Study for Promoting Practical Demand Side Management in Indonesia". PT. Energy Management Indonesia (Persero).
- [8]. KESDM. 2014. Draft Peraturan Menteri Skem & Label Pengkondisi Udara dan Lemari Pendingin. Jakarta: KESDM.
- [9]. Materi Workshop. Indonesian 2050 Pathways Calculator (12050PC). Jakarta, Indonesia. 29 Juli 2015.
- [10]. Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR). 2009. Handbook of Energy and Economics Statistics of Indonesia.
- [11]. Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR). 2012. Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia.
- [12]. Nuryanti and S.S. Herdinie. 2007. The characteristic analysis of energy consumption in household sector, in National seminar III human resources of nuclear technology. Yogyakarta.
- [13]. Kementerian ESDM. "Panduan Pengguna Untuk Rumah Tangga". http://calculator2050.esdm.go.id/pathways//mini_paper/comparator/.