

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut *International Renewable Energy Agency* (IRENA)(IRENA, 2021a) transisi energi adalah cara untuk mengubah sektor energi dunia dari berbasis fosil menjadi nihil-karbon pada paruh kedua abad ini. Transisi energi mempunyai tujuan akhir untuk memangkas emisi gas rumah kaca dari sektor energi demi membatasi perubahan iklim. Sedangkan menurut *World Energy Council*(Schiffer, 2016), transisi energi adalah perubahan struktural mendasar di sektor energi. Motivasi, tujuan, dan prioritas untuk menerapkan transisi energi di setiap negara berbeda, tetapi sebagian besar dapat dikaitkan kembali dengan trilemma energi (*energy trilemma*). Trilemma energi terdiri dari tiga ketetapan yaitu ketahanan energi (*Energy Security*), kelestarian lingkungan (*Environmental Sustainability*), dan keadilan energi (*Energy Equity*). Sementara itu, melansir S&P Global (S&P Global, 2020) , transisi energi menggambarkan pergeseran sektor energi global dari pola konsumsi dan produksi energi tidak terbarukan, seperti minyak bumi, gas bumi, dan batubara, menuju sumber energi terbarukan seperti tenaga angin dan tenaga surya, serta baterai lithium-ion. Di era saat ini, faktor utama yang melatarbelakangi percepatan transisi energi diantaranya adalah penerobosan energi terbarukan yang sangat signifikan ke dalam bauran energi dunia dan perkembangan teknologi *energy storage*. Transisi energi juga akan terus maju pesat karena para investor saat ini banyak yang mengutamakan aspek pemerintahan, sosial dan lingkungan (*environmental, social and governance*). Adapun transisi energi di negara Jerman atau *Energiewende* (Kuittinen & Velte, 2018) adalah strategi nasional jangka panjang untuk pengembangan sistem energi rendah karbon berbasis energi terbarukan dan efisiensi energi. *Energiewende* didorong oleh empat tujuan yaitu memerangi perubahan iklim melalui pengurangan emisi CO₂ , penghentian tenaga nuklir secara bertahap, meningkatkan ketangguhan energi melalui penurunan impor bahan bakar fosil dan menjamin daya saing dan perkembangan sektor industri.

Teknologi pembangkit listrik berbasis EBT sekarang ini mendominasi pasar global untuk kapasitas pembangkit listrik baru, dimana pada tahun 2020 ada tambahan kapasitas pembangkit listrik sebesar 264 GW, didominasi oleh PLTS

(127 GW) dan PLTB (111 GW) (IRENA, 2021b). Ini 4 kali lipat lebih dari tambahan kapasitas pembangkit non EBT dan hampir 50% lebih banyak dari tambahan kapasitas tahun 2019. Secara global, pangsa pembangkitan pembangkit listrik EBT mencapai 26%. Sedangkan di benua Eropa sekitar 38,1%, USA sebesar 19,7%, China mencapai 27,7% dan India dikisaran 20,3% (IEA, n.d.).

Arah dan langkah-langkah strategis untuk mendorong percepatan transisi energi melalui pengembangan EBT sudah tertuang dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang telah ditentukan dalam PP No. 79 Tahun 2014 tentang KEN. KEN mewujudkan amanat UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi. Adapun penjabaran dan rencana pelaksanaan KEN telah ditetapkan Pemerintah sebagai Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) melalui Perpres No. 22 Tahun 2017 tentang RUEN (Presiden RI, 2017).

Kebijakan Energi Nasional (KEN), yang menetapkan pedoman penetapan energi di dalam negeri, mencakup unsur-unsur esensial yaitu sasaran bauran energi primer berbasis EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050, serta pemakaian listrik per kapita pada tahun 2025 dan 2050 berturut-turut sebesar 2500 kWh/thn dan 7000 kWh/thn (Dewan Energi Nasional, 2014). Sementara itu RUEN memiliki beberapa sasaran esensial, antara lain kapasitas Pembangkit Listrik EBT sebesar 45,2 GW pada tahun 2025 dan 167,7 GW pada tahun 2050 (Presiden RI, 2017).

Penerapan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan pada tahun 2020 baru mencapai 10,5 GW (KESDM, 2021a), atau dibawah sasaran RUEN yang mencapai 16,2 GW (Presiden RI, 2017). Pembangkit listrik EBT tersebut didominasi PLTA dan PLTM (6.140,59 MW), PLTP (2.130,7 MW) dan PLTBm (1.783,5 MW)(KESDM, 2021a). Dari sisi pasokan energi primer, penerapan energi terbarukan di Indonesia masih tersendat, hingga tahun 2020 perannya baru mencapai 11,2% dari total pasokan energi primer nasional (Kusdiana, 2021). Raihan ini memang lebih rendah dari target yang dipatok RUEN, yaitu sebesar 14% (Presiden RI, 2017).

Kemudian, kondisi sekarang ini masih terdapat beberapa hambatan untuk merealisasikan pengembangan pembangkit berbasis EBT. Tantangan pertama adalah dari sisi cadangan. Cadangan panas bumi (mungkin, terduga, terbukti), misalnya, total hanya sebesar 14,6 GW. Apabila diperhitungkan juga sumberdaya spekulatif dan hipotetik menjadi 24 GW(KESDM, 2021a). Untuk itu perlu dikembangkan secara serius aspek sumberdaya panas bumi (spekulatif dan hipotetik) menjadi cadangan.

Tantangan kedua adalah lingkungan. Sebagian besar sumber daya air dan panas bumi berada di area hutan lindung dan hutan konservasi. Hal ini menyebabkan penolakan dari masyarakat luas, apabila pengembangan PLTA dan PLTP dilaksanakan di area hutan tersebut (E. Usman et al., 2020). Selain itu, karena PLTA dan PLTP mayoritas berada di wilayah konservasi yang jauh dari pusat beban, maka hal ini membutuhkan waktu cukup panjang dalam pengembangan, mulai dari perizinan hingga hambatan geografis.

Tantangan ketiga adalah keekonomian energi terbarukan yang dianggap masih lebih tinggi dibandingkan dengan harga pembangkit fosil. Kemudian, karakter pembangkit yang *intermittent*, seperti PLTS dan PLTB, membutuhkan kesiagaan sistem untuk menjaga kesinambungan suplai tenaga listrik. Adapun untuk penerapan pembangkit biomassa maupun biogas memomorsatukan jaminan pasokan bahan baku selama masa operasinya (Rully R. Ramli, 2020).

1.2 Permasalahan

Menurut ketentuan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 (Dewan Energi Nasional, 2014) tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) pasal 9 ayat f(1) menyebutkan bahwa terlaksananya bauran Energi Primer yang optimum adalah pada kondisi peran EBT minimal 23% tahun 2025 dan minimal 31% pada tahun 2050 selama harga listrik dari pembangkit EBT bersaing. Pasal 12 ayat 1a, 1b dan 1c pada KEN tersebut menjelaskan bahwa pendayagunaan sumber energi terbarukan ditujukan untuk sektor ketenagalistrikan (Dewan Energi Nasional, 2014).

Sektor ketenagalistrikan, sektor transportasi dan sektor rumah tangga merupakan tiga area prioritas di mana proses dekarbonisasi akan dilakukan untuk mencapai sistem energi rendah karbon yang sejalan dengan tujuan Perjanjian Paris. Sektor transportasi sebagai pemakai energi bahan bakar minyak paling tinggi, serta sektor rumah tangga (RT) sebagai pemakai bahan bakar LPG terbesar, harus mendapat perhatian utama untuk dapat bermetamorfosis. Untuk dapat mendekarbonisasi sektor transportasi dan sektor RT, maka penerapan kendaraan listrik dan pemakaian biodiesel, serta penerapan kompor induksi dan pengembangan jargas (jaringan gas bumi di perkotaan) harus dilaksanakan secara konsisten.

Selanjutnya, kondisi eksisting bauran pasokan energi primer jenis EBT pada tahun 2020 mencapai 11,2%. Sedangkan pasokan minyak bumi mencapai

31,6%, gas bumi 19,16%, serta batubara sebesar 38,04% (Kusdiana, 2021). Realisasi rasio EBT ini jauh lebih rendah dibanding target RUEN tentang pasokan energi primer jenis EBT tahun 2020 yang sebesar 14% (Presiden RI, 2017). Karena itu, memperhatikan kondisi riil dan kemajuan situasi keenergian saat ini, prakiraan bauran energi terbarukan dalam energi primer dan pembangkit tidak akan sama dengan sasaran RUEN. Pada tahun 2025 pangsa EBT diperkirakan hanya mencapai 16,2% dan tahun 2050 sekitar 25,4%, yang masih sangat jauh dari sasaran KEN (Edi Hilmawan et al., n.d.). Pada tahun 2025, terkait proyeksi kapasitas pembangkit listrik yang dalam RUEN diperkirakan mencapai 136 GW dengan pembangkit EBT sebesar 45 GW, kemungkinan hanya mencapai 87 GW, dimana 20 GW diantaranya adalah pembangkit berbasis EBT (Edi Hilmawan et al., n.d.). Untuk kondisi tahun 2050, kapasitas pembangkit total mencapai 272 GW dengan pembangkit EBT dikisaran 54 GW (skenario BAU) (Edi Hilmawan et al., n.d.).

Tabel 1.1. Kesenjangan proyeksi Kapasitas Pembangkit Listrik antara RUEN dan Outlook Energi Indonesia (OEI)-2021 serta IESR(Presiden RI, 2017)(Edi Hilmawan et al., n.d.)(Giwangkara, 2020)

Tahun	RUEN		OEI 2021		IESR	
	Kap. Pemb. Total	EBT	Kap. Pemb. Total	EBT	Kap. Pemb. Total	EBT
2025	136 GW	45 GW	87 GW	20 GW	95 GW	23 GW
2050	443 GW	168 GW	272 GW	54 GW	308 GW	129 GW

Adapun menurut IESR (*Institute for Essential Services Reform*), bauran EBT yang ditargetkan sebesar 23%, diperkirakan hanya meraih 15% pada tahun 2025, dengan kapasitas pembangkit listrik EBT sebesar 23 GW (Giwangkara, 2020). Target EBT 23% baru bisa terjadi tahun 2050 dimana kapasitas pembangkit mencapai 308 GW serta pembangkit EBT sebesar 129 GW (lihat tabel 1.1) (Giwangkara, 2020).

Dengan melihat data-data diatas, RUEN 2015-2050 harus dikaji ulang, dengan memperbarui tolok ukur dan asumsi terutama pada asumsi perkembangan ekonomi, laju kebutuhan energi, harga ekonomis pembangkit energi terbarukan, serta progres kecenderungan transisi energi dunia.

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat dirumuskan bahwa analisis transisi energi dilakukan melalui sektor ketenagalistrikan, dengan cara menaikkan bauran listrik dari pembangkit EBT, serta melalui sektor transportasi dan sektor RT dengan melakukan pengembangan KBLBB (Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai), pemanfaatan bahan bakar nabati secara optimal, serta penerapan kompor induksi dan jargas. Hal ini dilakukan dengan memperhatikan ketentuan pada KEN.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian umum adalah pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan secara optimal di sektor ketenagalistrikan dan sektor transportasi. Sedangkan tujuan penelitian khusus adalah :

- Menghasilkan database model energi berbasis LEAP (*Low Emissions Analysis Platform*)(C. G. Heaps, 2021)
- Melakukan analisis kebutuhan energi (per jenis dan per sektor) serta analisis penyediaan energi (fosil dan EBT) periode 2021 s.d. 2050.
- Melakukan analisis transisi energi melalui sisi suplai, terutama sektor ketenagalistrikan, dengan cara menaikkan bauran listrik dari pembangkit EBT berdasarkan KEN 2014. Selain itu dari sisi kebutuhan adalah dengan melakukan pengembangan KBLBB (Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai) dan pemanfaatan bahan bakar nabati (sektor transportasi) serta penerapan kompor induksi dan pengembangan jaringan gas bumi di perkotaan atau jargas (sektor RT).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini sudah merefleksikan kondisi terkini terkait prioritas pengembangan energi, maupun ketersediaan energi untuk kebutuhan energi nasional, sehingga diharapkan dapat menjadi referensi dalam menyusun kebijakan energi nasional, khususnya kebijakan untuk mengakselerasi pemanfaatan EBT. Pada penelitian ini juga akan diuraikan transformasi system suplai energi nasional melalui energi baru dan terbarukan. Hal ini akan menjadi masukan dalam penyusunan peta jalan baru transisi energi.

Seperti diketahui, transisi energi merupakan program berkelanjutan dan antar generasi yang harus dirancang secara sungguh-sungguh supaya terwujud sistem pasokan energi yang berkesinambungan, efektif, lebih bersih, serta setara

dengan tujuan untuk meredam dampak penyimpangan iklim (IESR, 2019). Adapun penggunaan EBT telah menjadi salah satu agenda utama untuk menekan keterikatan negara pada sumber daya energi fosil, dalam jangka panjang akan meningkatkan stabilitas ekonomi negara serta memangkas paparan perubahan harga bahan bakar dunia yang sangat cepat, serta menurunkan defisit neraca perdagangan Indonesia (KESDM, 2019).

1.5 Orisinalitas Penelitian

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan pemodelan proyeksi energi jangka panjang, beberapa diantaranya menggunakan aplikasi perangkat lunak LEAP, telah banyak dilakukan. Ringkasan penelitian sebelumnya dapat dilihat dalam tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
1	Kamia Handayani, Yoram Krozer, Tatiana Filatova (2017)(Handayani et al., 2017)	Trade-offs between electrification and climate change mitigation: An analysis of the Java-Bali power system in Indonesia	Makalah ini meneliti trade-offs antara elektrifikasi dan mitigasi CO ₂ , dengan menggunakan model LEAP, dimana Jawa-Bali sebagai studi kasus. Penelitian dilakukan pd ekspansi pembangkit tenaga listrik periode 2015-2030, dengan 4 skenario. Skenario REF: melanjutkan bauran energi primer listrik yg sekarang, skenario NGS: pergeseran dr batubara ke gas alam, skenario REN: ekspansi energi terbarukan, skenario OPT: opsi paling murah.	Penelitian ibu Kamia Handayani dkk hanya mempertimbangkan wilayah Jawa Bali saja dengan empat skenario. Sedangkan penelitian ini mempertimbangkan seluruh wilayah Indonesia dengan tiga skema, skema BAU, skema TE, dan skema NK. Pada skema TE dilakukan penerapan secara optimal seluruh potensi EBT yang ada, untuk mengejar bauran EBT sebesar 23% (2025) dan 31% (2050). Pada skema NK diterapkan PLTN skala besar secara masif.
2	Jaka Windarta , Bambang	Application of LEAP model	Makalah ini meneliti tentang proyeksi	Penelitian bapak Jaka Windarta dkk

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
	Purwanggono, and Fuad Hidayanto (2018)(Windarta et al., 2018)	on long-term electricity demand forecasting in Indonesia, period 2010-2025	kebutuhan listrik Indonesia periode 2010-2025 dengan model LEAP. Kenaikan konsumsi listrik di Indonesia dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah penduduk dan naiknya perekonomian setiap tahun. Tanpa mengantisipasi besarnya kapasitas pembangkit listrik yang dibutuhkan secara tepat, dapat menyebabkan masalah serius seperti kekurangan daya pasokan. Oleh karena itu, proyeksi kebutuhan listrik menjadi penting dalam perencanaan penambahan kapasitas pembangkit di waktu yang akan datang. Faktor yang digunakan dalam proyeksi ini adalah banyaknya populasi, banyaknya RT, rasio elektrifikasi, banyaknya pelanggan RT, PDRB serta intensitas listrik.	menitikberatkan pada proyeksi kebutuhan listrik per sektor di Indonesia. Pada penelitian ini akan diproyeksikan kebutuhan energi final per sektor (industry, transportasi, Rumah Tangga dan komersial) dan per jenis (bbm, listrik, gas, LPG, batubara, biofuel,biomasa) dengan base year tahun 2020. Selain itu juga diteliti proyeksi pasokan energi primer, baik fosil maupun EBT, serta proyeksi sektor ketenagalistrikan periode 2021 s.d. 2050.
3	Erdiwansyah, Mahidin, Husin, Nasaruddin, Khairil, Muhammad Zaki, Jalaluddin (2021)(Erdiwansy	Investigation of availability, demand, targets, and development of renewable energy in	Gambaran utama dari makalah ini adalah menyelidiki ketersediaan EBT yang dapat digunakan untuk pembangkit tenaga listrik di Indonesia.	Penelitian bapak Erdiwansyah dkk menitikberatkan pada investigasi ketersediaan EBT untuk pembangkit listrik di Indonesia periode 2017-2050.

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
	ah et al., 2021)	2017–2050: a case study in Indonesia	Permintaan dan target energi nasional dalam jangka panjang selama periode 2017–2050 juga dibahas. Selain itu, kebijakan pemerintah dalam mendukung pengembangan EBT juga dipertimbangkan dalam penelitian ini. Hasilnya menunjukkan bahwa potensi EBT di Indonesia dapat dimanfaatkan dan mungkin menggantikan energi konvensional selama beberapa dekade. Penggunaan EBT untuk pembangkit listrik dapat dicapai dengan menerapkan kebijakan pemerintah yang mendukung investor sebagai pelaksana pembangunan EBT.	Sedangkan pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan optimal EBT, baik untuk pembangkit listrik maupun untuk sektor transportasi, dengan menggunakan model LEAP, berdasarkan proyeksi kebutuhan energi per sektor periode 2021 s.d. 2050.
4	Kamia Handayani, Yoram Krozer, Tatiana Filatova (2019)(Handayani et al., 2019)	From fossil fuels to renewables: An analysis of long-term scenarios considering technological learning	Studi ini menganalisis difusi energi terbarukan dalam sistem kelistrikan yang memper-hitungkan <i>technological learning</i> . Selain itu juga, dengan model LEAP, dieksplorasi skenario jangka panjang untuk proyeksi kapasitas sistem kelistrikan Jawa-Bali, dengan mempertimbangkan target energi terbarukan.	Pada penelitian ini sudah mempertimbangkan perkembangan yang pesat dari banyak teknologi pembangkit beberapa tahun terakhir, serta telah memperkenalkan harga yang lebih rendah dan bahkan teknologi baru. Hal ini akan membantu pemodelan energi jangka panjang di

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
			<p>Pada langkah <i>technological learning</i> secara medium maupun cepat, biaya produksi listrik total utk menjangkau sasaran energi terbarukan secara terus menerus adalah 4% s.d. 10% lebih rendah dibanding tanpa memper-timbangkan <i>technological learning</i>.</p>	<p>Indonesia. Adapun data-data teknis terkait trend teknologi pembangkit tersebut berdasarkan buku <i>Technology Data for the Indonesian Power Sector, Catalogue for Generation and Storage of Electricity</i>, Kementerian ESDM tahun 2021. Pada buku ini sudah memastikan pemahaman yang baik terhadap teknologi pembangkit dari segi harga dan kinerja.</p>
5	<p>Etika Nur'aini, Isra Nuur Darmawan, Mohammad Alfiza Rayesa (2020)(Nur'aini et al., 2020)</p>	<p>Long Term Projection Of Electricity Generation Sector In West Papua Province: Leap Model Application</p>	<p>Pada penelitian ini dilakukan kajian pada sektor ketenagalistrikan di Papua Barat dengan menggunakan software LEAP, dengan mensimulasikan beberapa skenario. Skenario pertama BAU berdasarkan data dari RUPTL, skenario kedua menggunakan data BAU dan menambah potensi energi terbarukan, dan terakhir skenario tidak menggunakan energi fosil tetapi hanya menggunakan energi terbarukan. Hasilnya adalah Papua Barat dapat dialiri listrik 100% pada tahun</p>	<p>Penelitian yang dilakukan oleh ibu Etika Nur'aini dkk adalah tentang proyeksi sektor ketenagalistrikan khusus wilayah Papua Barat dengan 3 skenario. Pada penelitian ini juga dilakukan proyeksi ketenagalistrikan tetapi pada level nasional, serta mempertimbangkan RUPTL terbaru, periode 2021-2030. Ada tiga skema, skema BAU, skema penerapan optimal EBT untuk mencapai target bauran energi primer 23% tahun 2025 dan 31%</p>

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
			2025 jika menggunakan skenario kedua. Potensi energi terbarukan di Barat Papua adalah angin dan matahari. Namun, tidak menutup kemungkinan sumber lain, seperti PLTA.	tahun 2050, dan terakhir skema NK untuk penerapan PLTN skala besar.
6	A Qolbi and A Utomo (2020)(Qolbi & Utomo, 2020)	Forecasting Indonesia's electricity generation: an application of long-range energy alternatives planning	Fokus utama dari makalah ini adalah melakukan proyeksi pembangkit listrik di Indonesia. Metode pemodelan dengan Software System (LEAP), diimplementasikan melalui interpolasi dengan ekskalasi, prakiraan linier, prakiraan eksponensial, dan prakiraan logistik. Ada dua skenario, skenario BAU dan skenario dengan kebijakan pemerintah saat ini (CGP).	Penelitian yang dilakukan bapak A. Qolbi dan A. Utomo menekankan pada proyeksi pembangkit listrik nasional dengan model LEAP serta mempertimbangkan RUPTL 2019-2028. Sedangkan pada penelitian ini juga mempertimbangkan RUPTL, tetapi yg terbaru, yaitu RUPTL 2021-2030, dengan menekankan pada penerapan PLTS skala besar, PLTS rooftop, Co-firing PLTU Batubara, serta pengurangan peranan PLTU Batubara.
7	Agus Sugiyono, Joko Santosa, Adiarso dan Edi Hilmawan (2020)(Sugiyono et al., 2020)	Pemodelan Dampak COVID-19 Terhadap Kebutuhan Energi di Indonesia	Kebijakan yang membatasi aktifitas masyarakat luas akan berdampak pada perekonomian dan penurunan konsumsi energi. Kondisi ini dimodelkan dengan	Penelitian yg dilakukan bapak Agus S dkk menekankan pada pengaruh Covid-19 terhadap kebutuhan energi nasional. Sedangkan pada penelitian ini

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
			perangkat lunak LEAP, berdasarkan data-data ekonomi, sosial dan data permintaan energi yang cukup detail.	, karena base year 2020, sudah tidak lagi mempertimbangkan pengaruh Covid-19. Pada penelitian ini juga akan mengkaji secara keseluruhan proyeksi pasokan energi nasional dalam rangka memenuhi kebutuhan energi nasional.