

# Kebijakan Pembangunan Akses Listrik Berbasis Stasiun Pengisian untuk Desa Tertinggal dalam Peningkatan Rasio Elektrifikasi di Indonesia

Fadolly Ardin  
Kementerian ESDM  
[fadolly.ardin@esdm.go.id](mailto:fadolly.ardin@esdm.go.id)

## Abstract

*Indonesia, as a developing country, faces challenges in providing sufficient electricity access for its dispersed population. With a territory spanning 5,150 km and a total area of 1.9 million km<sup>2</sup>, establishing electricity access for each household in remote and underdeveloped areas requires substantial investment. This is particularly difficult due to the geographical conditions by remote islands and hard-to-reach forested areas. Currently, communities in these underdeveloped regions rely on Diesel Power Plants (PLTD), which entail high capital and operational costs because these areas are not yet connected to existing electrical grids. The ownership of PLTD is limited and heavily dependent on the availability of fuel oil. The electricity prices from PLTD can be 2-3 times higher than the average areas. On the other hand, Indonesia possesses significant potential for local renewable energy sources, such as abundant solar energy. As a tropical country situated along the equator, Indonesia enjoys nearly year-round sunlight. Consequently, harnessing solar energy is highly promising for underdeveloped regions.*

*To address these issues, an alternative policy for electricity access development is proposed in the form of Electric Charging Stations powered by Solar Power Plants (PLTS). These stations would charge electricity into storage batteries that can be distributed to communities. The distribution mechanism would resemble the sale of LPG cylinders or mineral water gallons. This policy does not require power distribution network, thereby reducing substantial investment costs. The charging process occurs with a battery swap concept to minimize charging time. This approach represents an environmentally friendly alternative for electricity access development that is free from fossil fuels. The costs associated with this system are lower compared to conventional electricity access development, enabling large-capacity electricity distribution with high mobility and improved efficiency due to reduced power losses during the energy conversion, which is common in traditional electricity access models.*

*Keywords: Electricity Access, Electric Charging Stations, Electric Storage Batteries*

## Abstrak

Indonesia sebagai negara berkembang mengalami kesulitan dalam menyediakan akses listrik yang cukup bagi seluruh penduduknya yang tersebar. Dengan wilayah yang membentang 5.150 km dan total area 1,9 juta km<sup>2</sup>, pembangunan akses listrik untuk setiap rumah tangga di daerah 3T (tertinggal, terdepan dan terluar) akan memerlukan banyak biaya investasi, terutama karena kondisi geografisnya yang terdiri dari pulau-pulau terpencil atau perhutanan yang sulit dijangkau. Saat ini masyarakat terpaksa menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang memiliki biaya modal dan operasional yang tinggi karena belum terjangkanya daerah tersebut oleh jaringan listrik eksisting. Kepemilikan PLTD terbatas dan bergantung pada keberadaan bahan bakar yang tersedia. Harga jual listrik dari PLTD ini dapat mencapai 2-3 kali lipat lebih mahal dibandingkan rata-rata daerah di Indonesia. Di sisi lain, Indonesia juga memiliki potensi energi terbarukan lokal seperti energi surya yang berlimpah karena berada di jalur khatulistiwa memiliki penyinaran matahari hampir sepanjang tahun. Oleh karena itu pemanfaatan energi surya menjadi sangat prospektif untuk diterapkan pada daerah yang belum memiliki akses listrik.

Untuk mengurai masalah diatas, terdapat alternatif kebijakan pembangunan akses listrik dalam bentuk Stasiun Pengisian Tenaga Listrik yang berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi mengisi energi listrik yang dihasilkan ke dalam tabung listrik yang akan didistribusikan kepada masyarakat. Mekanisme distribusi kepada konsumen dilakukan layaknya penjualan tabung gas LPG atau galon air mineral. Kebijakan ini tidak memerlukan jaringan distribusi ke masyarakat sehingga mengurangi biaya investasi yang besar. Proses pengisian tabung listrik dilakukan dengan konsep penukaran baterai untuk

meminimalisir waktu pengisian. kebijakan ini merupakan alternatif pembangunan akses listrik yang ramah lingkungan dan bebas bahan bakar fosil. Biaya yang dihasilkan lebih murah dibandingkan dengan pembangunan akses listrik konvensional dan energi listrik dapat didistribusikan dengan kapasitas besar, daya mobilitas tinggi, dan lebih efisien karena penurunan rugi-rugi daya akibat konversi tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC) yang ada pada konsep pembangunan akses listrik konvensional.

**Keywords:** Akses Listrik, Stasiun Pengisian Tenaga Listrik, Tabung Listrik.

## PENDAHULUAN

Undang Undang Dasar 1945 mengamanatkan bahwa pembangunan nasional bertujuan untuk menciptakan masyarakat yang adil dan makmur yang merata materiil dan spiritual, memajukan kesejahteraan umum dan mencerdaskan kehidupan bangsa. Pembangunan akses dan infrastruktur ketenagalistrikan menjadi salah satu tonggak penting dalam mewujudkan tujuan pembangunan nasional sebagaimana tercantum dalam Pasal 33 ayat (2) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 yang menyatakan bahwa cabang-cabang produksi yang penting bagi negara termasuk usaha penyediaan tenaga listrik dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat.

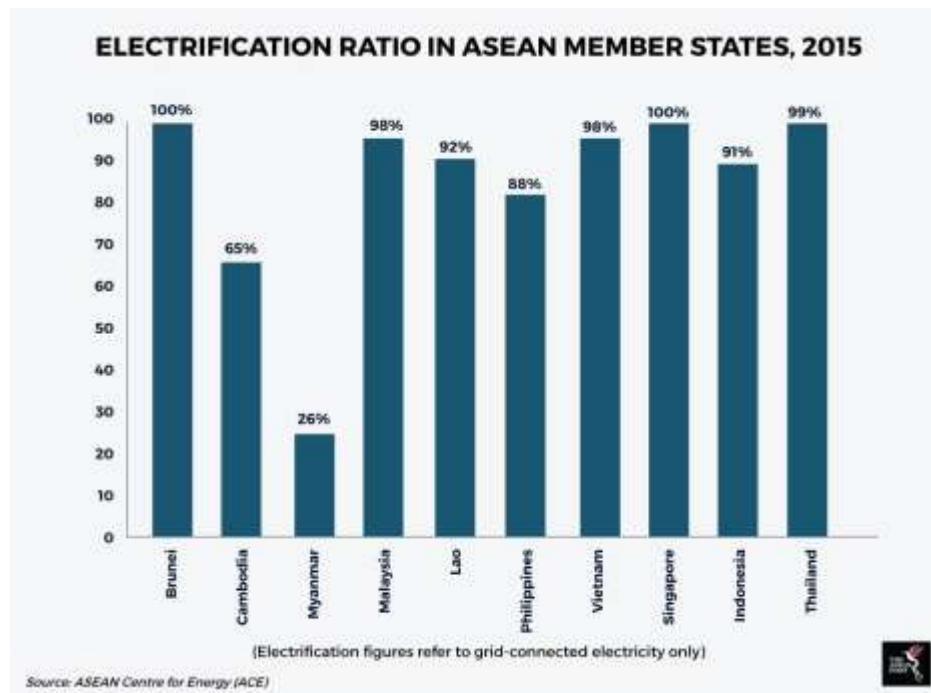
Listrik adalah salah satu komoditas yang krusial dalam kehidupan modern yang memberikan perbaikan pada kualitas hidup, kondisi ekonomi, dan pengembangan kehidupan sosial. Pembangunan akses listrik sangat penting bagi sebuah negara dan menjadi prioritas utama seperti layaknya kebutuhan dasar. Namun, 1,2 Milyar penduduk dunia saat ini masih hidup tanpa mendapatkan akses terhadap listrik di tahun 2014 (IEA, 2016). Hampir semua dari penduduk tersebut hidup di daerah terpencil, tertinggal, perdesaan dan memiliki kesulitan dalam mendapatkan kehidupan yang lebih baik. Keberadaan akses listrik di daerah-daerah seperti ini dapat memberikan banyak manfaat seperti pembangunan saluran air irigasi untuk pertanian, penyediaan air bersih untuk minum, pemrosesan komoditi pertanian, dan proses penyimpanan dan pengeringan dari produk pertanian. Bahkan listrik dapat menjadi stimulan pendukung bagi bisnis atau kegiatan perdagangan yang dilakukan oleh warga di perdesaan.

Listrik juga memberikan kesempatan bagi anak-anak untuk tetap dapat melakukan kegiatan belajar mengajar terutama di malam hari dan menjadi sumber energi untuk sekolah mereka. Khusus untuk kegiatan bagi kaum perempuan di perdesaan, keberadaan listrik dapat digunakan untuk memasak, merebus air, atau menyetrika. Jika tidak ada akses listrik, penggunaan batu arang (*charcoal*) atau kayu bakar biasanya yang menjadi pilihan pertama untuk membantu kaum perempuan dalam melakukan kegiatan rumah tangga. Kehadiran listrik memberikan banyak dampak positif dan signifikan terhadap kegiatan sosial dan ekonomi masyarakat di daerah perdesaan. Oleh karena itu, sangat penting bagi Pemerintah di negara berkembang untuk menjadikan akses listrik sebagai isu prioritas yang harus diselesaikan.

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang memiliki beberapa kesulitan dalam menyediakan akses listrik yang cukup bagi penduduknya. Pada tahun 2016, terdapat 5,8 Juta rumah tangga yang masih belum memiliki akses listrik (Kementerian ESDM, 2017). Negara ini memiliki panjang wilayah sebesar 5.150 km yang membentang dari bagian barat sampai timur dan total luas wilayah sebesar 1,9 juta km<sup>2</sup> yang membuat pembangunan akses listrik di negara ini menjadi lebih sulit dibandingkan dengan negara lain terutama dalam membangun jaringan transmisi dan distribusi dengan investasi yang besar kepada seluruh masyarakat. Kondisi ini menjadi lebih sulit saat kondisi geografi

negara ini terdiri dari pegunungan, hutan hujan tropis yang terpencil, dan kepulauan-kepulauan kecil yang tersebar.

Saat ini pembangunan akses listrik di daerah 3T (Terluar, Terdepan dan Tertinggal) di Indonesia terpaksa menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang memiliki biaya modal dan operasional yang tinggi karena belum terjangkaunya daerah tersebut oleh jaringan listrik eksisting (*off-grid area*) PLN. Kepemilikan PLTD bersifat terbatas dan sangat bergantung pada keberadaan bahan bakar minyak (BBM) yang tersedia di daerah tersebut. Harga jual listrik dari PLTD ini dapat mencapai Rp. 2.500-3.000/kWh atau sampai 2-3 kali lipat lebih mahal dibandingkan rata-rata daerah di Indonesia yang sudah memiliki akses listrik PLN.

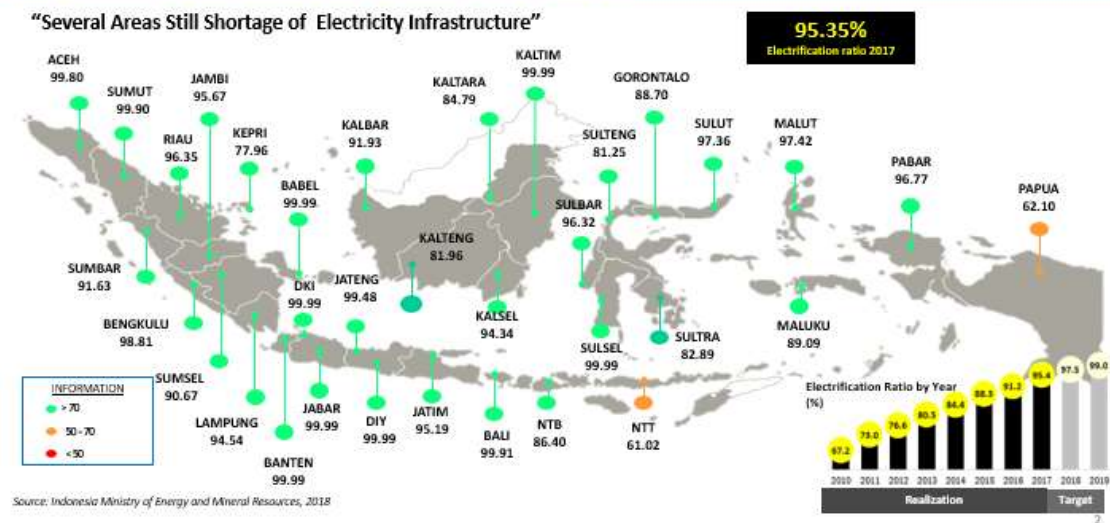


**Gambar 1. Rasio elektrifikasi di kawasan ASEAN tahun 2015**

*Sumber: ASEAN Center for Energy, 2015*

Elektrifikasi untuk daerah rural atau perdesaan menjadi tantangan utama bagi pengembangan regional Asia Tenggara atau ASEAN dengan persentase penduduk yang belum memiliki akses listrik adalah sebesar 10% dari total penduduk atau 107 Juta penduduk (ASEAN Centre for Energy, 2015). Permasalahan ini terjadi hamper diseluruh negara ASEAN seperti Indonesia, Thailand, Malaysia, Filipina, Myanmar, Kamboja, Laos dan Vietnam. Hanya Singapura dan Brunei Darussalam yang telah menyediakan akses listrik kepada 100% penduduknya. Kedua negara ini terbantu dengan jumlah penduduk yang lebih sedikit dibanding negara ASEAN lainnya dan wilayah negara yang tidak terlalu luas (Gambar 1). Kehadiran dari akses listrik di ASEAN sangatlah penting untuk dapat membangun kegiatan ekonomi, menciptakan kesempatan untuk menurunkan perbedaan pembangunan antara perkotaan dan perdesaan terutama untuk fasilitas pendidikan dan kesehatan masyarakat. Listrik juga dapat meningkatkan ualitas hidup, menginisiasi industri skala kecil, dan menciptakan akses lainnya untuk air bersih dan sanitasi.

## BACKGROUND: ELECTRIFICATION RATIO IN INDONESIA



**Gambar 2. Rasio elektrifikasi di Indonesia tahun 2017**

*Sumber: Statistik Ketenagalistrikan, 2017*

Khusus untuk Indonesia, rasio elektrifikasi di Indonesia mencapai 95,35% di tahun 2017 (Pusdatin, 2018) yang berarti masih terdapat 3,1 Juta rumah tangga yang belum mendapat akses listrik dari total 67,2 Juta rumah tangga di Indonesia. rasio elektrifikasi di Indonesia menunjukkan tren pertumbuhan yang positif dari tahun 2012-2017. Di akhir tahun 2012, rasio elektrifikasi 76,56%, lalu meningkat menjadi 80,51% pada tahun 2013 and terus meningkat menjadi 84,53% di 2014, 88,30% di 2015, 91,16% di 2016 dan 95,35% di 2017 (gambar 2)(Ketenagalistrikan, 2018). Kenaikan jumlah keluarga yang mendapatkan akses listrik didominasi oleh keberadaan PLN sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang mendapatkan tugas dari Pemerintah untuk menyediakan akses listrik bagi masyarakat. PLN berkontribusi dengan membangun PLTD, jaringan transmisi dan distribusi untuk daerah perdesaan. Namun, kondisi geografi Indonesia yang terdiri dari kepulauan kecil yang tersebar dan pengunungan di daerah terpencil membuat penduduk yang belum mendapatkan akses listrik juga tersebar dalam kelompok kecil. Hal ini kemudian menyulitkan PLN dalam membangun infrastruktur kelistrikan yang memadai dengan anggaran yang terbatas. Peralatan dan material harus dibawa menggunakan transportasi laut dengan menempuh jarak yang jauh dan medan yang tidak mudah (gambar 3).

## KESULITAN MEMBANGUN INFRASTRUKTUR KELISTRIKAN DI INDONESIA

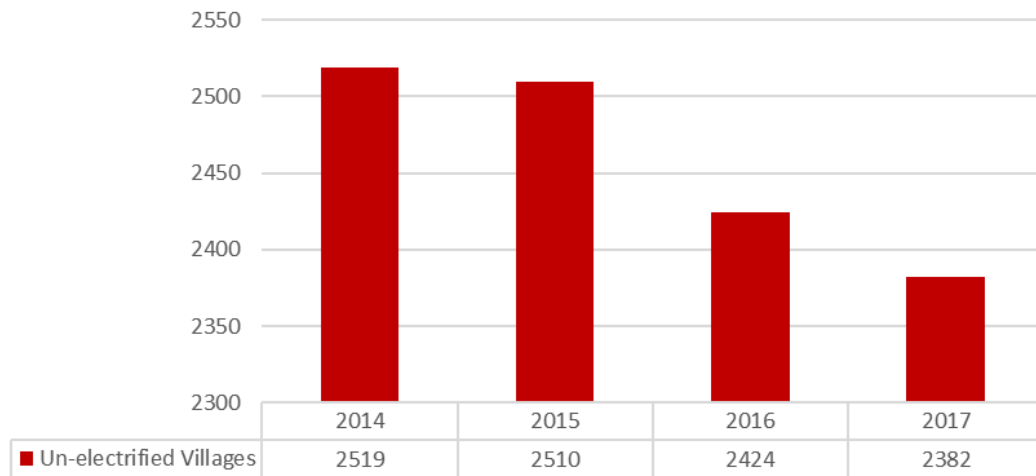


**Gambar 3. Kesulitan Pembangunan Infrastruktur Kelistrikan di Indonesia**

*sumber: PT PLN (Persero), 2018*

Selain itu, pemadaman atau kekurangan suplai listrik dan belum adanya infrastuktur yang memadai juga dialami oleh beberapa wilayah di Indonesia terutama dibagian timur Indonesia seperti Kepulauan Nusa Tenggara dan Papua. Menurut Data Badan Pusat Statistik Indonesia terdapat 2.519 desa di Indonesia yang belum memiliki akses listrik sama sekali dan hampir semua berada di bagian timur Indonesia (Statistik, 2014). Namun setelah 3 tahun berjalan, jumlah desa belum berlistrik hanya mengalami penurunan sebesar 5,4% di tahun 2017 menjadi sebanyak 2.382 desa (Kementerian ESDM, 2018). Desa-desa ini tidak memiliki dukungan infrastruktur energi atau listrik yang cukup untuk dapat menggerakkan ekonomi mereka ke arah yang lebih baik dan mereka mengalami kesulitan untuk dapat berkembang. Banyak desa tertinggal yang juga belum terhubung ke jaringan listrik nasional. Pembangunan jaringan listrik di daerah terpencil seringkali terhambat oleh kondisi geografis yang sulit, seperti pegunungan, hutan, atau pulau-pulau terpencil. Pembangunan jaringan transmisi atau distribusi listrik tidak menghasilkan pengembalian investasi yang menjanjikan karena jumlah pelanggan yang sedikit dan tersebar. Membangun infrastruktur listrik di daerah terpencil membutuhkan biaya investasi yang tinggi, terutama untuk pengadaan material, transportasi, dan tenaga kerja. Disisi lain, pembangkit listrik eksisting yang dimiliki saat ini masih didominasi oleh PLTD yang memerlukan biaya bahan bakar dan biaya transportasi yang tinggi karena dan terdapat kesulitan dalam transportasi BBM karena lemahnya infrastruktur yang mendukung seperti jalan dan jembatan.

### DESA BELUM BERLISTRIK DI INDONESIA

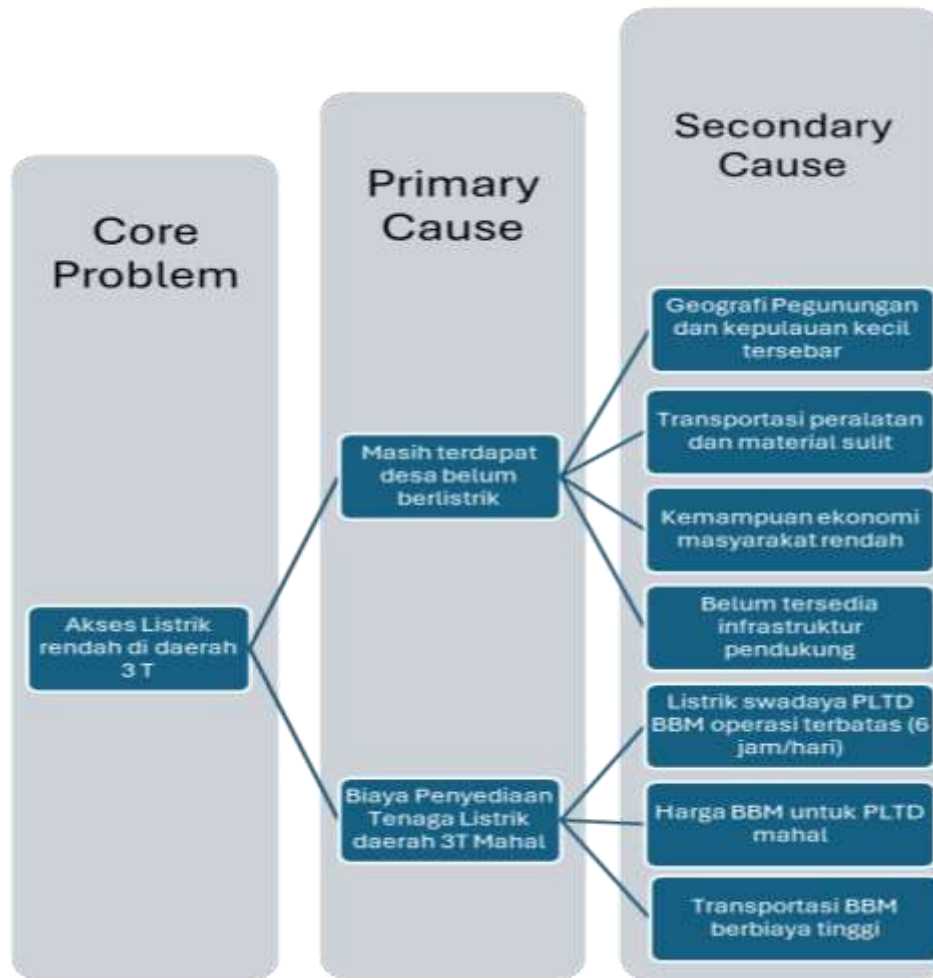


**Gambar 4. Jumlah Desa Belum Berlistrik di Indonesia**

*sumber: Kementerian ESDM, 2018*

Kondisi kelistrikan di banyak pulau kecil dan daerah terpencil di Indonesia saat ini juga bahkan dipasok oleh PLTD yang hanya bekerja selama 6 jam per hari. Bahkan, dibutuhkan pesawat terbang sebagai media transportasi bahan bakar untuk PLTD di beberapa daerah di Indonesia Timur. Penggunaan PLTD sebagai pembangkit menghasilkan listrik dengan biaya yang mahal dan masyarakat perdesaan umumnya tidak mampu membayar biaya yang dibutuhkan untuk menikmati akses listrik dari PLTD karena keterbatasan kemampuan ekonomi yang mereka miliki. Tingkat ekonomi masyarakat di desa tertinggal umumnya rendah, sehingga kemampuan membayar tagihan listrik juga terbatas. Hal ini menjadi kendala dalam keberlanjutan operasional sistem kelistrikan. PLTD juga memiliki masalah keberlanjutan yang menjadi isu utama dimana pasokan listrik PLTD dapat terganggu apabila harga bahan bakar naik atau pasokan bahan bakar terputus. Gambaran *tree diagram* permasalahan akses listrik rendah di daerah 3T ditunjukkan gambar 5.





**Gambar 5. Tree Diagram permasalahan dan tantangan akses listrik untuk daerah 3T**

Terdapat pula beberapa tantangan ke depan yang perlu dihadapi untuk dapat menyediakan listrik yang andal di daerah 3T diantaranya seperti ketersediaan infrastruktur lain seperti jalan raya, pelabuhan dan jembatan untuk dapat memudahkan transportasi perlengkapan dan bahan material untuk pembangunan akses listrik ke wilayah wilayah tersebut. Apabila infrastruktur tersebut tidak tersedia, maka hal ini dapat membuat biaya transportasi peralatan maupun BBM untuk PLTD menjadi lebih mahal daripada seharusnya.

Banyak peneliti juga percaya bahwa ketergantungan daerah terpencil dengan pasokan listrik dari PLTD dapat dikurangi secara signifikan dengan opsi penggunaan teknologi energi terbarukan (*renewable energy*) dan media penyimpan energi (*energy storage*) untuk membangun elektrifikasi di perdesaan di Indonesia. Kombinasi *renewable energy* dan *energy storage* dapat menggantikan peran dari penggunaan bahan bakar fosil seperti diesel dengan pendekatan yang lebih ramah lingkungan dan menciptakan keberlanjutan (*sustainability*) untuk pembangunan akses listrik (Jain and Jain, 2016). Indonesia sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar terutama dari energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan sepanjang tahun. Namun teknologi pemanfaatan energi matahari melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki kelemahan yaitu pada karakteristiknya yang *intermittent* dimana pasokan energi yang dihasilkan berfluktuasi seiring dengan kondisi cuaca saat itu. Selain itu, energi matahari juga memiliki keterbatasan karena tidak dapat dimanfaatkan di

malam hari. Seiring dengan kemajuan teknologi baterai *lithium ion* sebagai penyimpan energi dengan kapasitas yang lebih besar namun dengan bobot yang lebih ringan dan dimensi yang lebih kecil membuat adanya peluang untuk memunculkan kebijakan dengan memanfaatkan energi yang dihasilkan oleh PLTS atau pembangkit Energi Baru dan Terbarukan (EBT) lainnya kedalam baterai *lithium ion*.

Analisis terhadap permasalahan akses listrik terutama untuk desa-desa yang belum berlistrik yang ada di wilayah 3T perlu dilakukan dengan memperhatikan potensi energi bersih yang tersedia di wilayah tersebut. Pemerintah perlu menghadirkan kebijakan pembangunan akses listrik yang mendukung dan dapat diimplementasikan ke seluruh pelosok Indonesia. Opsi penyediaan tenaga listrik secara konvensional melalui jaringan transmisi dan distribusi akan membutuhkan waktu pembangunan yang cukup lama dengan biaya yang besar terutama saat masyarakat Indonesia masih tersebar di ribuan pulau kecil dan terisolasi.

Usulan kebijakan penyediaan tenaga listrik dalam bentuk stasiun pengisian yang bersumber dari energi terbarukan seperti PLTS dan distribusi tabung listrik dengan menggunakan tabung berisi baterai lithium-ion yang *mobile* layaknya layanan SPBU pada pengisian kendaraan konvensional atau distribusi gas LPG untuk kebutuhan rumah tangga. Tujuan kajian ini adalah mencari alternatif kebijakan pembangunan akses listrik untuk desa tertinggal sekaligus mendorong terwujudnya penyediaan tenaga listrik yang bersumber dari energi bersih pembangkit EBT untuk menurunkan peran energi fosil dari PLTD yang mahal.

## KAJIAN LITERATUR

Menurut Dye, kebijakan publik secara teori didefinisikan sebagai upaya yang dipilih Pemerintah untuk dilakukan atau tidak dilakukan untuk mencapai tujuan program Pemerintah dalam mensejahterakan masyarakat. Kebijakan publik juga diusulkan untuk memanfaatkan potensi sekaligus hambatan yang ada di dalam masyarakat (Agustino, 2016). Pembangunan akses listrik di daerah 3T merupakan sebuah bentuk implementasi kebijakan publik yang dirancang oleh Pemerintah untuk mencapai tujuan peningkatan ekonomi masyarakat. Akses listrik akan memanfaatkan potensi energi setempat dan keberadaannya akan mengatasi hambatan masyarakat untuk meningkatkan kemampuan ekonomi masyarakat akibat belum tersedianya akses listrik. Di sisi yang lain, kebijakan publik juga dilihat sebagai sebuah keputusan yang dibuat secara sengaja oleh Pemerintah yang bertujuan untuk melindungi kepentingan publik, menyelesaikan permasalahan publik dengan memberdayakan publik dan untuk menciptakan kesejahteraan publik (Al Fatih & Nadeak, 2010). Akses listrik di desa tertinggal merupakan salah satu permasalahan publik yang membutuhkan upaya bersama Pemerintah dan masyarakat untuk mendukung kegiatan ekonomi yang produktif dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi masyarakat (Richmond & Urpelainen, 2019). Berdasarkan pengertian diatas, pembangunan akses listrik untuk daerah 3T yang merupakan program Pemerintah dapat dikategorikan sebagai salah satu bentuk kebijakan publik sebagaimana diamanatkan didalam Pasal 33 Undang Undang Dasar Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Selain itu, kebijakan publik juga perlu memperhatikan upaya implementasi berupa kegiatan dalam mendistribusikan yang dilakukan para pelaku kebijakan kepada kelompok sasaran yang diharapkan (Purwanto & Sulistyastuti, 2012). Implementasi dapat dilakukan secara langsung dalam bentuk program maupun lewat formulasi kebijakan turunan (Agustino, 2016). Kriteria utama dalam implementasi kebijakan publik diantara



lain adanya tujuan kebijakan, aktivitas dalam mencapai tujuan dan terdapat hasil yang terukur atas kebijakan yang diterapkan (Alhusain, 2023). Implementasi kebijakan pembangunan akses listrik untuk daerah 3T memiliki tujuan untuk menjamin ketersediaan energi listrik yang cukup, berkualitas dan terjangkau dengan hasil yang diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran masyarakat serta mendukung pembangunan berkelanjutan. Kegiatan yang dilakukan adalah membangun akses listrik sampai ke setiap rumah tangga.

Konsep pembangunan akses listrik dibagi menjadi beberapa bagian penting diantaranya, yaitu pembangkitan tenaga listrik, transmisi tenaga listrik, distribusi tenaga listrik dan penjualan tenaga listrik. Tujuan dari pembangunan akses listrik adalah menyalurkan daya dari pembangkit tenaga listrik menuju ke pusat-pusat beban. Energi listrik dibangkitkan melalui konversi energi primer yang terjadi di pembangkitan tenaga listrik. Energi listrik merupakan energi sekunder yang dihasilkan dari perputaran generator maupun modul tenaga listrik.

Pembangkitan tenaga listrik adalah proses konversi energi primer yang bersumber dari bahan bakar fosil seperti Batubara, gas, atau BBM maupun energi baru terbarukan seperti hidro, panas bumi, angin, surya dan bioenergi yang menjadi energi listrik lewat penggunaan turbin, generator, maupun modul surya. Energi listrik yang sudah dibangkitkan lalu disalurkan melalui jalur transmisi bertegangan tinggi sebagaimana fungsi jalan raya untuk mentransportasikan kendaraan dari satu tempat ke tempat lain. Fungsi tegangan tinggi dalam transmisi untuk mengurangi rugi-rugi daya yang dihasilkan oleh resistansi penghantar sehingga dalam proses transmisi ini dibutuhkan transformator untuk mengubah tegangan menengah di sisi pembangkit menjadi tegangan tinggi. Transmisi tenaga listrik berlaku untuk jarak yang cukup jauh dengan level tegangan diatas 35 kV sedangkan distribusi tenaga listrik berlaku untuk jaringan yang dibangun untuk level tegangan dibawah 35 kV.

Proses penjualan tenaga listrik dilakukan dengan memasang sambungan listrik tegangan rendah 380 V ke lokasi pelanggan berupa rumah tinggal, kawasan bisnis atau industri dan fasilitas publik. Setiap sambungan listrik akan dipasang meteran listrik untuk mengukur konsumsi listrik per masing-masing pelanggan. Hasil catatan konsumsi listrik dikalikan dengan tarif listrik per kWh yang dikonsumsi akan menghasilkan biaya penggunaan listrik yang akan dibayarkan oleh pelanggan listrik setiap bulannya. Proses pembangunan akses listrik secara konvensional melibatkan serangkaian langkah mulai dari pembangkitan hingga distribusi sampai ke konsumen akhir. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memastikan bahwa energi listrik dapat disuplai secara efisien dan andal kepada masyarakat. Dengan sistem yang terintegrasi ini, diharapkan kebutuhan energi masyarakat dapat terpenuhi dengan baik.

Proses ini sangat cocok di wilayah yang bersifat daratan luas dengan tipe kontinental dimana jarak yang cukup jauh antara sumber energi pembangkitan tenaga listrik dapat dialirkan kepada konsumen dengan jarak yang cukup jauh melalui transmisi dengan tegangan tinggi (35 kV – 150 kV) atau ekstra tinggi (didasar 275 kV). Namun untuk daerah isolated terpencil yang terbatas atau pulau-pulau kecil yang tersebar, konsep ini memiliki tingkat kesulitan tinggi untuk menghadirkan transmisi dengan jarak yang pendek. Hal ini membuat energi yang disalurkan tidak terlalu besar dan pembangunan transmisi yang berbiaya mahal menjadi tidak efektif.

Listrik yang ada saat ini terbagi menjadi dua jenis yaitu: Listrik AC (*Alternating Current*) atau arus bolak-balik yang arah alirannya berubah-ubah secara periodik dalam suatu

siklus tertentu. Di seluruh dunia, listrik AC adalah bentuk tenaga listrik yang paling umum digunakan untuk distribusi energi listrik ke rumah-rumah, industri, dan bisnis. Mudah ditransmisikan: Listrik AC lebih mudah untuk ditransmisikan dalam jarak jauh dan lebih efisien: Karena kemampuannya untuk menggunakan transformator, listrik AC dapat ditransmisikan dengan sedikit kerugian daya meskipun pada jarak yang sangat jauh. Frekuensi yang sering digunakan untuk listrik AC adalah 50 Hz dan 60 Hz. Indonesia salah satu negara yang menggunakan listrik AC 50 Hz.

Sedangkan untuk listrik DC (*Direct Current*) merupakan jenis aliran listrik di mana arah aliran elektron tetap dalam satu arah yang konstan. Listrik DC menggunakan arus searah dengan nilai tegangan tetap namun tidak memiliki nilai frekuensi seperti listrik AC. Listrik DC memiliki keunggulan berupa kestabilan, banyak digunakan untuk peralatan elektronik, dan mudah disimpan. Listrik DC umumnya banyak digunakan pada aplikasi penggunaan baterai, motor DC, panel surya, laptop maupun ponsel.

Untuk mencapai tujuan pembangunan akses listrik yang mumpuni, listrik AC maupun DC harus dapat memenuhi beberapa kriteria penting seperti keandalan (*security*), kualitas (*quality*), dan keekonomian (*economy*). Energi listrik yang dihasilkan harus dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan beban dengan kualitas yang dapat dijaga secara terus menerus sepanjang waktu dengan nilai keekonomian yang terjangkau oleh konsumen tenaga listrik. Aspek keandalan meliputi kemampuan ketersediaan tenaga listrik secara berkelanjutan dengan meminimalisir potensi gangguan yang bisa terjadi. Parameter yang biasa digunakan adalah SAIDI dan SAIFI.

SAIDI atau *System Average Interruption Duration Index* adalah parameter untuk mengukur rata-rata durasi gangguan listrik yang dialami oleh pelanggan dalam satu tahun. SAIDI dapat menunjukkan berapa lama rata-rata pelanggan terputus dari pasokan listrik dalam suatu periode waktu tertentu yang ditunjukkan persamaan berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^N \text{Durasi Gangguan (menit)}}{\text{Jumlah Pelanggan}} \quad (1)$$

Sedangkan SAIFI atau *System Average Interruption Frequency Index* adalah parameter untuk mengukur rata-rata frekuensi gangguan yang dialami oleh pelanggan dalam suatu periode waktu tertentu. SAIFI dapat menunjukkan berapa kali rata-rata pelanggan mengalami gangguan listrik dalam satu tahun yang ditunjukkan persamaan berikut:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^N \text{Jumlah Gangguan (kali)}}{\text{Jumlah Pelanggan}} \quad (2)$$

Kualitas listrik dapat terlihat dari besar kualitas tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh listrik yang sampai ke konsumen. Tegangan diukur dengan pembagian daya aktif (P) dalam Watt dengan arus listrik (I) dalam ampere dan  $\cos \phi$  yaitu faktor daya dengan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{P}{I \times \cos(\phi)} \quad (3)$$

Untuk frekuensi sistem didapatkan dari nilai frekuensi yang dihasilkan oleh generator AC dengan perkalian antara kecepatan putar generator (n) dan jumlah kutub generator yang dihasilkan dibagi dengan 120 sebagaimana rumus sebagai berikut:

$$f = \frac{n \times P}{120} \quad (4)$$

Penyediaan tenaga listrik AC harus dapat dijaga dengan tegangan dan frekuensi yang stabil. Selanjutnya untuk dapat mengukur nilai keekonomian dari penyediaan tenaga listrik dilakukan lewat perhitungan harga jual listrik yang dihasilkan dari perhitungan seluruh biaya produksi atau pembangkitan tenaga listrik ditambah dengan biaya distribusi dibagi dengan total energi yang dijual lalu ditambahkan dengan persentase margin keuntungan yang diharapkan sebagaimana rumus sebagai berikut:

$$\text{Harga Jual Listrik} \left( \frac{\text{Rp}}{\text{kWh}} \right) = \frac{\text{Total Biaya Produksi dan Distribusi}}{\text{Total Energi Terjual (kWh)}} + \text{Margin}^{(5)}$$

Konsep pembangunan akses listrik secara konvensional digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 6. Kebijakan Penyediaan Tenaga Listrik secara Konvensional**

Berdasarkan Undang Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, pembangunan ketenagalistrikan bertujuan untuk menjamin ketersediaan tenaga listrik dalam jumlah yang cukup, kualitas yang baik, dan harga yang wajar dalam rangka meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat secara adil dan merata serta mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan. Pemerintah memiliki peran penting dalam melistriki masyarakat kurang mampu dimana usaha penyediaan tenaga listrik dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Penyelenggaraannya dilakukan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah. Pemerintah dan pemerintah daerah menyediakan dana untuk kelompok masyarakat tidak mampu. Dana ini juga diperuntukkan bagi pembangunan akses listrik di daerah yang belum berkembang, daerah terpencil dan perbatasan, serta pembangunan listrik perdesaan. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik dan meningkatkan kemampuan penyediaan, pemerintah dan pemerintah daerah memberikan kesempatan kepada badan usaha milik daerah, badan usaha swasta, koperasi, dan swadaya masyarakat untuk melakukan usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum. Badan Usaha Milik Negara (BUMN)

diberikan prioritas pertama dalam melakukan usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum.

Untuk wilayah yang belum mendapatkan pelayanan listrik, pemerintah atau pemerintah daerah memberikan kesempatan kepada Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), badan usaha swasta, atau koperasi sebagai penyelenggara usaha penyediaan tenaga listrik terintegrasi. Jika tidak ada pihak lain yang mampu menyediakan listrik di wilayah tersebut, Pemerintah wajib menugasi BUMN untuk menyediakannya. Pemerintah berperan aktif dalam memastikan masyarakat kurang mampu mendapatkan akses listrik melalui penyediaan dana, regulasi, pemberian kesempatan kepada berbagai pihak, dan penugasan kepada BUMN sebagai langkah terakhir jika tidak ada pelaku usaha lain yang mampu. Program listrik perdesaan adalah inisiatif atau upaya yang dilakukan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah untuk mengembangkan dan memperluas akses tenaga listrik di wilayah perdesaan.

Peraturan Pemerintah No 14 Tahun 2012 terkait Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik mencantumkan penyediaan tenaga listrik dapat dilakukan untuk kepentingan umum maupun sendiri dimana badan usaha yang melakukan kegiatan tersebut harus memiliki Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (IUPTL). Kewajiban pemegang IUPTL yaitu menyediakan tenaga listrik secara terus menerus dengan standar mutu dan keandalan yang baik. Untuk wilayah perdesaan yang belum memiliki akses listrik, penyediaan tenaga listrik juga hanya dapat dilakukan oleh Pemegang IUPTL.

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 11 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Usaha Ketenagalistrikan disampaikan bahwa pemegang IUPTL untuk kepentingan umum harus memenuhi target minimal bauran energi terbarukan yang ada di dalam Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) sehingga terdapat upaya untuk mendorong lebih banyak pembangkit EBT di dalam penyediaan tenaga listrik untuk konsumen. Hal ini juga akan mendorong peningkatan pemanfaatan energi terbarukan yang dilakukan pemegang wilayah usaha untuk menyediakan pembangkit EBT di seluruh wilayah usahanya termasuk wilayah 3T yang belum mendapatkan akses listrik.

Kebijakan Pemerintah dalam mendukung elektrifikasi untuk wilayah tertinggal juga tercantum dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 38 Tahun 2016 diterbitkan mengenai Percepatan Elektrifikasi di Perdesaan Belum Berkembang, Terpencil, Perbatasan, dan Pulau Kecil Berpenduduk Melalui Pelaksanaan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Skala Kecil. Tujuan kebijakan ini adalah untuk mempercepat elektrifikasi di daerah perdesaan yang belum berkembang, terpencil, perbatasan, dan pulau-pulau kecil berpenduduk melalui pelaksanaan usaha penyediaan tenaga listrik untuk skala kecil. Pemerintah perlu mendorong percepatan penyediaan tenaga listrik yang cukup, berkualitas baik, dan harga yang wajar di daerah-daerah tersebut dengan memberdayakan BUMD, badan usaha swasta, dan koperasi untuk mengelola wilayah usaha penyediaan tenaga listrik skala kecil.

Selain itu, Pemerintah juga perlu memberikan insentif berupa subsidi bagi konsumen di wilayah usaha tersebut untuk mendorong minat badan usaha dalam mengelola usaha penyediaan tenaga listrik skala kecil. Peraturan ini mendukung pemenuhan akses listrik untuk wilayah perdesaan yang belum berkembang dan belum memiliki infrastruktur dasar, antara lain jaringan tenaga listrik, perdesaan terpencil dengan sarana dan prasarana ekonomi yang tersedia masih terbatas, perdesaan perbatasan dan pulau kecil berpenduduk. Peraturan ini memberikan kesempatan bagi badan usaha untuk

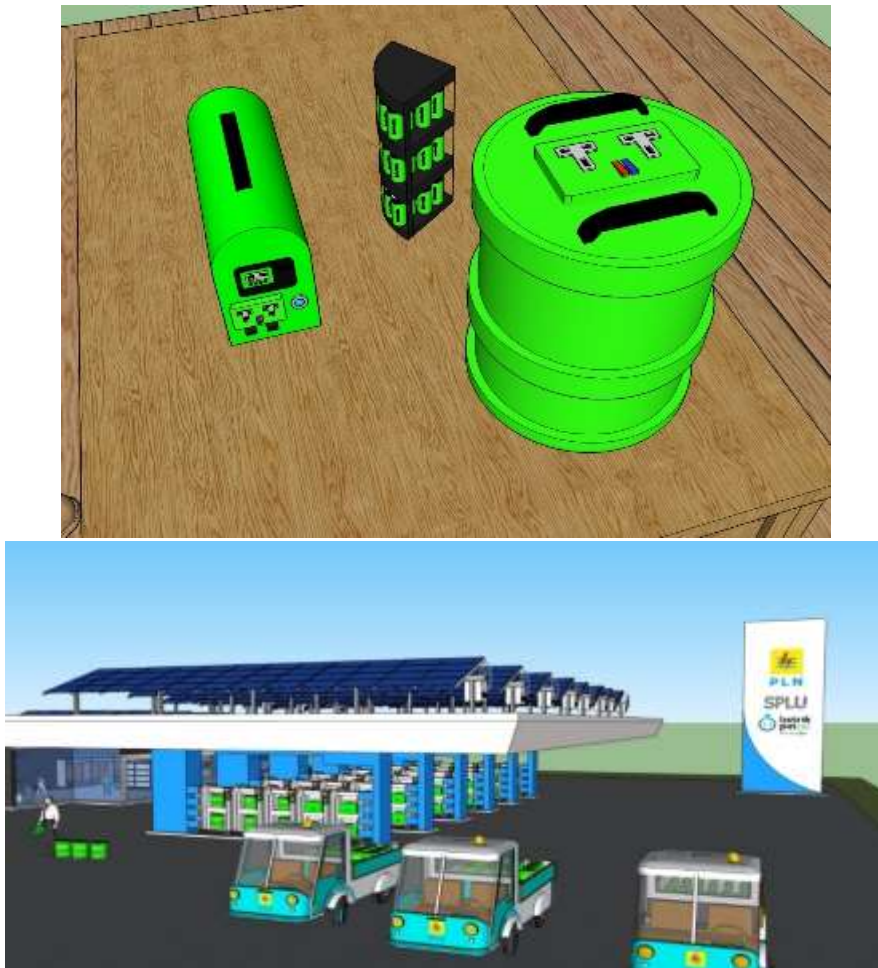
menyediakan tenaga listrik terutama melalui pengembangan pembangkit EBT dalam bentuk wilayah usaha ketenagalistrikan dengan bantuan subsidi ataupun tanpa bantuan subsidi. Penyediaan tenaga listrik dapat dilakukan sesuai dengan karakteristik dan potensi energi terbarukan yang ada di masing masing lokasi.

Keselarasan regulasi saat ini untuk mendukung pembangunan akses listrik di wilayah 3T telah sesuai dengan program Pemerintah untuk meningkatkan rasio elektrifikasi nasional walaupun dalam implementasinya masih belum sesuai dengan target yang sudah ditetapkan. Dibutuhkan terobosan kebijakan baru agar pembangunan akses listrik di daerah 3T dapat dilakukan secara masif dan tidak tergantung lagi dengan keberadaan PLTD berbahan bakar BBM yang mahal.

## **METODE PENELITIAN**

Sebagai bagian dari upaya solusi untuk mengatasi permasalahan pembangunan akses listrik untuk daerah 3T sebagaimana tercantum di dalam Undang Undang Nomor 30 Tahun 2009, Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2012, Peraturan Menteri ESDM Nomor 11 Tahun 2021 dan Nomor 38 Tahun 2016, terdapat salah satu alternatif kebijakan dengan menghadirkan akses listrik yang agak berbeda dengan langkah konvensional sebelumnya yaitu melalui pembangunan akses listrik berbasis stasiun pengisian tenaga listrik. Pada prinsipnya kebijakan dan upaya ini sudah berlaku di dalam distribusi BBM atau LPG rumah tangga. Namun belum pernah dilakukan sebelumnya dalam distribusi tenaga listrik. Kebijakan ini akan memutus penggunaan jalur transmisi dan distribusi yang panjang dari pembangkit kepada pelanggan dan menjual listrik langsung dalam bentuk tabung listrik yang diberikan meteran tersendiri. Keberadaan meteran listrik tidak lagi di rumah pelanggan namun di tabung listrik yang dibeli. Pembelian tenaga listrik dengan tabung listrik juga dilakukan di dalam stasiun pengisian dan setiap tabung listrik yang sudah habis dayanya akan dilakukan pengisian ulang di dalam stasiun pengisian tenaga listrik yang dibangun. Setiap pengisian ulang tabung listrik, pelanggan akan membayar biaya yang dibebankan untuk setiap daya listrik yang akan digunakan di dalam tabung listrik.

Kebijakan ini akan mengintegrasikan sistem energi terbarukan pada PLTS sebagai stasiun pengisian baterai (*green energy charging station*) untuk mengisi tabung listrik yang menggunakan teknologi baterai *Lithium Ion* dalam bentuk modular. Tabung listrik dapat mengatasi permasalahan intermitten yang dimiliki oleh PLTS karena sehingga seluruh energi yang dihasilkan oleh PLTS terserap seluruhnya untuk mengisi tabung listrik (gambar 7). Stasiun pengisian akan dilengkapi dengan kemampuan *fast charging* atau pengisian cepat yang memungkinkan pengisian ulang tabung listrik hanya dalam waktu 4 jam.

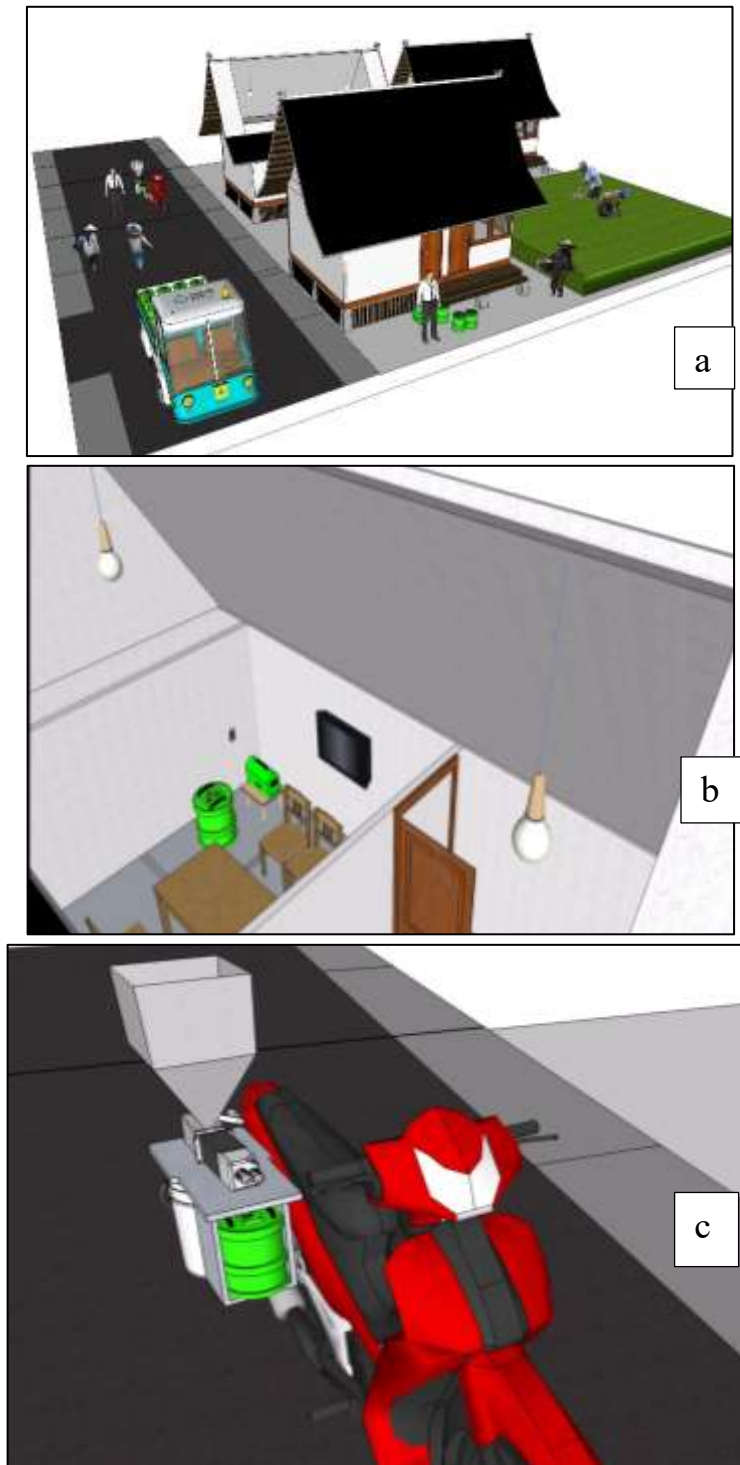


**Gambar 7. Kebijakan Pembangunan Akses Listrik dalam Stasiun Pengisian Tenaga Listrik dan Teknologi Baterai Lithium Ion dalam Tabung Listrik**

Tabung listrik (*electric cylinder*) dilengkapi dengan baterai *lithium ion* 18650 yang dapat menyimpan energi lebih besar daripada baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) yang umumnya digunakan untuk peralatan elektronik namun dengan dimensi yang lebih kecil. Selanjutnya, setiap tabung listrik akan didukung oleh *Battery Management System* (BMS) dan konverter dalam sebuah paket yang modular dan kompak. Energi yang dapat disimpan dengan rentang kapasitas 1-5 kWh. Energi yang dihasilkan oleh PLTS akan dikumpulkan dan selanjutnya mengisi tabung listrik di stasiun pengisian. Operator stasiun pengisian akan mengirim tabung listrik dengan kapasitas energi yang penuh kepada masyarakat desa dan mengambil tabung listrik yang sudah habis energi listriknya untuk diisi kembali dengan konsep *batterai swap* atau pertukaran baterai.

Masyarakat desa hanya perlu membayar energi yang disediakan oleh tabung listrik dengan harga yang terjangkau. Input tegangan untuk pengisian tabung listrik dapat dilakukan dengan tegangan *DC* ataupun *AC input*. Hal yang sama juga berlaku dengan kemampuan output tabung listrik berupa *AC 220V* dan *5 V, 10 V, 12 V DC Output*. Tabung listrik bersifat *plug and play* yang berarti fungsinya sebagai sumber energi langsung dapat digunakan dengan menyambungkan beban listrik baik *AC* maupun *DC*. Kebijakan ini mendukung pengembangan masyarakat desa melalui penggunaan sumber energi listrik *portable* lewat tabung listrik yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk kebutuhan rumah tangga dan pendukung mesin pertanian (gambar 8).



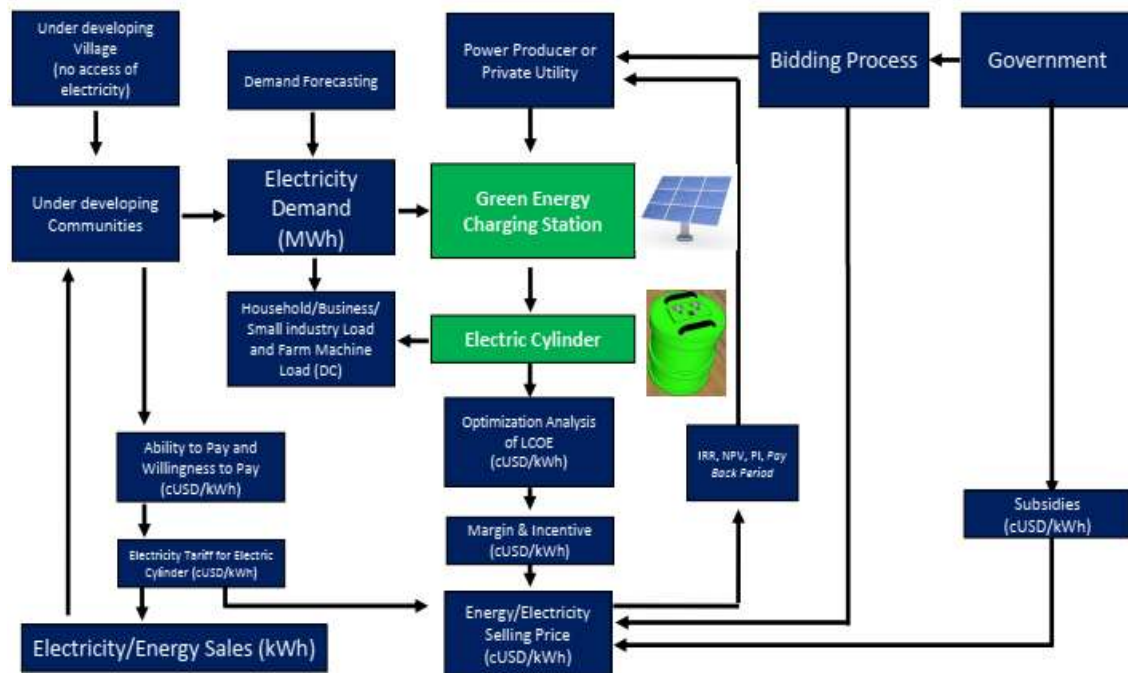


**Gambar 8. Pengiriman Tabung Listrik untuk masyarakat perdesaan dan penggunaan Tabung Listrik di rumah (a), penggunaan Tabung Listrik untuk Rumah Tangga (b), penggunaan Tabung Listrik untuk Mesin Pertanian (c)**

Kebijakan ini akan menyediakan akses listrik dalam jumlah yang cukup, kualitas yang baik dan harga yang terjangkau bagi masyarakat desa yang tidak memiliki akses listrik. Pemanfaatan stasiun pengisian dan tabung listrik dapat menyediakan listrik tanpa perlu membangun jaringan listrik untuk distribusi. Kebijakan ini sangat cocok untuk kondisi pemukiman yang bersifat tersebar dan tidak terkonsentrasi seperti daerah desa tertinggal dan kepulauan kecil di Indonesia. Tabung listrik dapat langsung dibawa oleh konsumen

untuk disambungkan dengan beban listrik di rumah atau di tempat usaha konsumen. Beban-belan listrik tersebut dirancang dapat dipasok langsung oleh tabung listrik (berbasis arus searah – DC, *Direct Current*), seperti teknologi Lampu *Light Emitting Diode* (LED) dapat digunakan untuk penerangan dan motor DC untuk keperluan produksi. Ataupun sistem instalasi rumah masyarakat desa juga dapat didesain menjadi rumah yang menggunakan instalasi DC.

Kebijakan ini menawarkan efisiensi yang tinggi mengingat tidak diperlukan lagi konverter berupa *inverter* (alat untuk mengubah arus DC menjadi AC) dan *rectifier* (alat untuk mengubah arus AC menjadi DC) sehingga rugi-rugi (*losses*) pada saat konversi energi dapat diminimalisir dan biaya yang lebih murah. Nilai tambah yang dapat diberikan oleh kebijakan ini adalah pasokan listrik untuk mesin mesin produksi pertanian seperti mesin penggiling padi, pemipil jagung atau pemecah kacang agar masyarakat dapat menjual komoditas pertanian dengan nilai yang lebih baik dibandingkan komoditas awal. Hal ini akan meningkatkan profit dan produktivitas sektor pertanian yang didapat masyarakat. Keuntungan tersebut dapat digunakan untuk membayar energi yang disediakan tabung listrik untuk menjamin keberlanjutan dari Kebijakan ini (gambar 9).



**Gambar 9. Metodologi Kebijakan Pembangunan Akses Listrik dengan Stasiun Pengisian Tenaga Listrik dan Tabung Listrik**

Metodologi yang akan digunakan dalam kebijakan ini dimulai dengan analisis terhadap desa tertinggal dilakukan terlebih dahulu untuk melihat berapa banyak kepala keluarga yang belum mendapatkan akses listrik dan seberapa besar porsi masyarakat yang belum berlistrik dibandingkan total masyarakat. Perlu dilakukan pendalaman terkait kemampuan bayar (*ability to pay*) dan keinginan untuk membayar (*willingness to pay*) layanan akses listrik yang akan dilakukan di daerah tersebut. Hal ini dilakukan untuk menentukan seberapa besar nilai tarif listrik yang memungkinkan untuk dibebankan kepada masyarakat desa tertinggal yang kemampuan ekonominya terbatas.

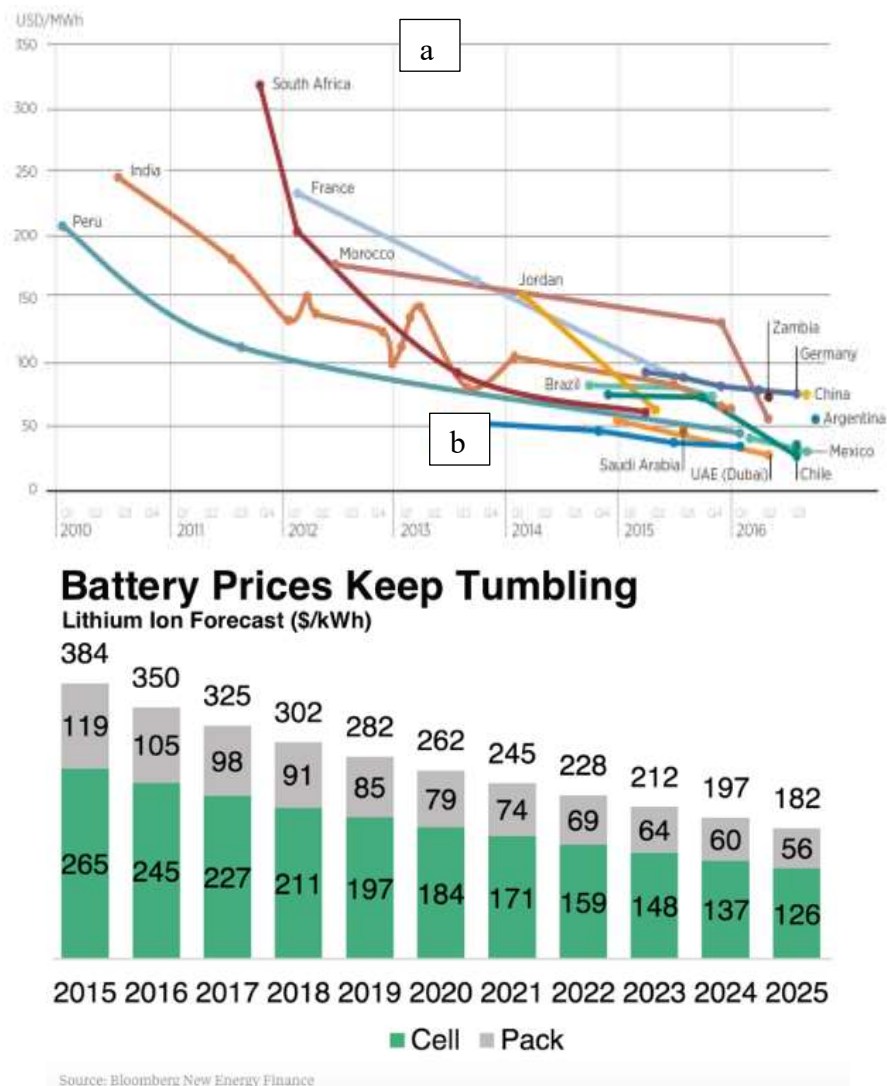
Selanjutnya dari data penduduk yang tersedia dapat dibuat ramalan kebutuhan tenaga listrik untuk setiap kategori seperti rumah tangga, industri rumahan, usaha mikro ataupun

fasilitas umum sebagai acuan untuk menentukan beban listrik maupun pola penggunaan peralatan listrik yang digunakan oleh masyarakat selama satu tahun penuh. Rencana penyediaan tenaga listrik akan dilakukan dengan menggunakan stasiun pengisian tenaga listrik dan tabung listrik dengan kapasitas yang menyesuaikan dengan kebutuhan tenaga listrik yang sudah diproyeksikan sebelumnya. Kapasitas pembangkit EBT juga akan ditentukan oleh besarnya potensi EBT yang tersedia dengan kemungkinan penggunaan PLTS paling memungkinkan dibangun karena potensinya dapat dimanfaatkan di berbagai lokasi.

Konsep *least cost* atau penyediaan akses listrik yang termurah akan menentukan besarnya optimasi kapasitas stasiun dan jumlah tabung listrik yang dibutuhkan. Dengan menentukan margin atau keuntungan yang cukup maka akan dihasilkan nilai harga jual tenaga listrik yang dihasilkan dari kebijakan ini. Jumlah harga jual ini akan lebih besar dari kemungkinan tarif listrik yang mampu dibayar oleh masyarakat. Jika biaya harga jual listrik lebih besar maka terdapat situasi Pemerintah dapat hadir untuk memberikan subsidi listrik kepada masyarakat yang baru mendapatkan akses listrik. Hal ini merupakan salah satu bentuk subsidi tepat sasaran yang langsung berdampak signifikan bagi masyarakat kecil di desa tertinggal. Pemerintah kemudian dapat menugaskan BUMN atau swasta yang sanggup untuk membangun stasiun pengisian tenaga listrik dan distribusi tabung listrik ini dengan keuntungan yang terjaga stabil.

Tabung listrik yang akan didesain memiliki kapasitas yang berbeda-beda. Tabung listrik dengan kapasitas sebesar 5 kWh dapat digunakan untuk daerah perdesaan selama 5,2 hari. Kebijakan ini akan dapat diimplementasikan di wilayah Perdesaan yaitu masyarakat Indonesia yang belum terlistriki oleh PLN, sudah berlistrik namun menggunakan PLTD atau sama sekali belum berlistrik. Sehubungan dengan rencana pemerintah untuk meningkatkan rasio elektrifikasi hingga 100% pada tahun 2025, kebijakan ini dapat membantu pemerintah, pemerintah daerah maupun utilitas untuk memenuhi kebutuhan energi di 12.569 desa di Indonesia dalam status sudah berlistrik non-PLN dengan menggunakan PLTD maupun belum berlistrik sama sekali (Potensi Desa 2014, BPS). Kebijakan ini dapat juga didukung dengan kebijakan subsidi dari Pemerintah. Implementasi lainnya dapat dilakukan untuk komunitas nelayan yang membutuhkan listrik untuk penerangan selama penangkapan ikan di malam hari.

Kebijakan ini akan tumbuh dan berkelanjutan karena menggunakan sumber bahan bakar yang bersumber dari energi terbarukan yang tidak terbatas dan nyaris tanpa biaya untuk mendapatkannya. Selain itu, dengan perkembangan teknologi dibidang material sel surya dan baterai *lithium-ion*, akan menyebabkan biaya investasi keduanya menjadi turun drastis, sementara efisiensi konversi energi akan terus meningkat. Sebagaimana ditunjukkan pada kemajuan teknologi PLTS yang mengalami *learning curve* yang menurunkan biaya penyediaan listrik melalui PLTS 4 kali lebih rendah pada rentang 2010-2016 (IRENA, Rethinking Energy, 2017) dan penurunan biaya teknologi baterai *lithium-ion* sebesar 10 kali antara tahun 1991-2005 (Buchman, 2006) sebagaimana ditampilkan pada gambar 10.



**Gambar 10. Penurunan Biaya Penyediaan Tenaga Listrik PLTS (a) & Baterai Lithium Ion di Dunia (b)**

Sumber: IRENA, Rethinking Energy, 2017 dan Buchman, 2006

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis finansial dilakukan untuk mendukung kebijakan ini dapat diimplementasikan di masyarakat dengan Stasiun Pengisian Tenaga Listrik yang dibangun memiliki kapasitas 100 kWp dan *capacity factor* sebesar 20% sehingga menghasilkan produksi tenaga listrik sekitar 175,20 MWh/tahun. Estimasi biaya pembangunan PLTS sebesar 0,11 Juta USD dengan unit *Capital Cost* yaitu 1.111 USD/kW yang menggunakan referensi proyek PLTS sejenis di Indonesia, *Soft Cost* sebesar 0,028 Juta USD, Biaya *Fixed O&M* sebesar 0,004 Juta USD, *Variable O&M Cost* sebesar 0,001 Juta USD. Tidak ada biaya bahan bakar yang digunakan.

Dengan pendanaan 100% *equity* atau modal tanpa pinjaman serta asumsi parameter finansial yaitu *Interest Rate* sebesar 6%, *Discount Rate* sebesar 10%, periode pembangunan stasiun pengisian selama 1 Tahun, biaya pajak sebesar 25%, dan ekspektasi umur atau *expected lifetime* dari stasiun pengisian selama 20 Tahun. Nilai Minimum Average Rate of Return atau MARR yang ditentukan adalah sebesar 9.24%. Analisis finansial menunjukkan nilai harga jual listrik per kWh atau *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) sebesar 11,57 cUSD/kWh. Apabila kapasitas baterai yang akan dijual sebesar 10

kWh maka harga jual listrik per baterai adalah sebesar Rp. 15.383. Apabila kapasitas baterai sebesar 5 kWh maka harga jual listrik yang dapat dibeli masyarakat adalah sebesar Rp.7.691. Keuntungan yang didapat melalui penjualan baterai, pengisian baterai dan penggunaan jasa mesin produksi pertanian.

Kebijakan ini akan menghasilkan nilai indikator finansial dengan hasil yaitu IRR sebesar 15% atau lebih besar daripada MARR, *Profitability Index* sebesar 1.45 dengan batas layak keekonomian lebih besar dari 1.30, Net Present Value sebesar 0.06 Juta USD atau lebih besar dari 0, dan *Payback Period* selama 7.85 tahun sejak beroperasi. Maka kebijakan ini secara keekonomian layak untuk dilakukan karena memenuhi indikator finansial diatas dengan detail analisis pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Finansial SPEL dan Tabung Listrik

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	PLTS	kWp	100
2	<i>Capacity Factor</i> PLTS	%	20.00%
3	Produksi Listrik PLTS dalam 1 tahun	MWh	175.20
4	Pendanaan	DER	0/100
5	<i>Lifetime</i>	Tahun	20
6	Konstruksi	Tahun	1
7	<i>Discount Rate</i>	%	10
8	Inflasi	%	4.47
9	<i>Corporate Tax</i>	%	25
<b>Biaya/Cost</b>			
1	<i>Hard Cost</i>	Juta USD	0.111
2	<i>Soft Cost</i>	Juta USD	0.028
3	<i>Total Investment/Project Cost</i>	Juta USD	0.139
4	Biaya <i>O&amp;M</i> (Fixed & Var)	Juta USD	0.005
5	Biaya Pembelian Mesin	Juta USD	0.001
6	Biaya <i>O&amp;M</i> Mesin	Juta USD	0.016
7	Biaya Pembuatan GaTriuk	Juta USD	0.031
<b>Pendapatan/Revenue</b>			
1	Pendapatan Pengisian Baterai	Juta USD	0.013
2	Pendapatan Penjualan Baterai GaTriuk	Juta USD	0.032
3	Pendapatan Jasa Pengolahan dengan Mesin Produksi	Juta USD	0.020
4	Total Pendapatan	Juta USD	0.065
5	Harga Jual Listrik Galon Listrik per kWh	cUSD/kWh Rp./kWh	11.57 1,538.36
6	Harga Jual Listrik per Baterai 10 kWh	Rp./baterai	15,383.68
7	<i>Payback Period</i> setelah beroperasi	Tahun	7.85

Kebijakan ini belum pernah diimplementasikan di Indonesia sebelumnya. Penyediaan listrik eksisting dilakukan oleh PT. PLN (Persero) sebagai penyedia energi listrik dengan menggunakan jaringan distribusi listrik arus bolak balik (AC) dan terutama pada yang wilayah timur Indonesia, PLTD dominan digunakan dengan bahan bakar minyak *High Speed Diesel* (HSD) dan menghasilkan listrik dengan biaya pokok penyediaan akses listrik yang tinggi sekitar 19-23 cUSD/kWh atau 2500-3000 Rp./kWh. Hal ini disebabkan oleh ketergantungan pada BBM yang sensitif terhadap perubahan harga dan kesulitan bagi beberapa daerah untuk mengakses BBM karena akses transportasi dapat menyebabkan harga BBM untuk PLTD menjadi mahal. PLN juga kesulitan untuk dapat melistriki wilayah yang bersifat menyebar (*distributed*). Investasi jaringan distribusi tegangan AC yang dibangun terlalu mahal apabila hanya dapat melistriki beberapa rumah tangga. Hal ini akan menjauhkan kita dari kemandirian dan ketahanan energi. Kebijakan ini dapat hadir sebagai solusi untuk membantu Pemerintah dalam menjaga kemandirian energi dan mengimplementasi kebijakan energi terbarukan sebesar 23% dari bauran energi nasional pada tahun 2025. Apabila Kebijakan ini dapat diaplikasikan akan membuat listrik yang dihasilkan lebih murah dibandingkan dengan listrik yang dihasilkan dengan PLTD oleh masyarakat maupun listrik PLN apabila tidak ada subsidi dengan beberapa ketentuan dan syarat tertentu sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Perbandingan Akses Listrik Konvensional dan Sistem Stasiun Pengisian**

Penyediaan Akses Listrik	Layanan Eksisting			Kebijakan SPEL dan Tabung Listrik
Parameter	Listrik dengan PLN untuk Konsumen Pelanggan R1 450 VA bersubsidi	Listrik PLN Prabayar	Listrik dengan PLTD milik masyarakat	Listrik SPEL dan Tabung Listrik
Entitas Usaha	PLN	PLN	Swadaya Masyarakat/PLN	Swasta
Sumber Listrik	Sistem PLN	Sistem PLN	PLTD	Energi Terbarukan (Surya)
Pembangkit	Campuran Pembangkit Fosil	Campuran Pembangkit Fosil	PLTD	PLTS
Tegangan	AC	AC	AC	DC
Harga Listrik	450 Rp./kWh	1.369 Rp./kWh	2.500-3.000 Rp./kWh	1.538 Rp./kWh (tanpa subsidi)
Kondisi	subsidi	subsidi	tanpa subsidi	Tanpa subsidi

## PENUTUP

Kebijakan pembangunan akses listrik berbasis stasiun pengisian tenaga listrik dengan tabung listrik yang didistribusikan kepada masyarakat di daerah 3T akan membantu untuk mempercepat keberadaan akses tenaga listrik dan pemenuhan terhadap target Pemerintah dalam memenuhi 100% rasio elektrifikasi nasional. Kebijakan ini dapat diuji



cobakan terlebih dahulu dalam skala yang lebih kecil kemudian berkembang untuk skala pemukiman masyarakat.

Kebijakan ini dapat ditindaklanjuti dengan beberapa upaya diantaranya berupa pengembangan Studi Kelayakan Stasiun Pengisian Tenaga Listrik, dilanjutkan dengan pengembangan *prototype* Stasiun Pengisian Tenaga Listrik. Disamping itu, agar implementasinya dapat bersifat masif maka diperlukan penyiapan standar teknis dan spesifikasi untuk Stasiun Pengisian Tenaga Listrik. Terakhir pelaksanaan proyek pilot dan pengujian teknis di wilayah 3T dapat dilakukan untuk memastikan kebijakan ini dapat diimplementasikan di masyarakat dan mendapatkan umpan balik yang positif. Pemerintah juga dapat mendorong agar kebijakan ini dapat dijadikan program untuk meningkatkan pengembangan energi terbarukan untuk membangun akses listrik bagi Desa Belum Berlistrik di Indonesia Bagian Timur. Sumber Pendanaan untuk program ini dapat berasal dari APBN karena berdasarkan Undang Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, Pemerintah wajib menyediakan pendanaan untuk akses listrik bagi masyarakat kurang mampu. Terdapat potensi 40 ribu kepala keluarga yang dapat dibangun akses listriknya dengan menggunakan kebijakan ini terutama di Provinsi Papua, Papua Barat, Maluku, Maluku Utara, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Pembangunan akses listrik yang adil diberikan kepada seluruh masyarakat terutama mereka yang tinggal di daerah perdesaan sangat penting untuk menunjang pembangunan ekonomi dan kebijakan ini dapat menjadi solusi untuk menciptakan listrik dengan kuantitas yang cukup, kualitas yang baik dan harga yang terjangkau. Kebijakan ini dapat menjadi salah satu solusi untuk mempercepat pengembangan listrik perdesaan di Indonesia dan memenuhi target elektrifikasi nasional serta meningkatkan penggunaan energi terbarukan lewat stasiun pengisian. Kebijakan ini menawarkan beberapa manfaat yaitu tidak dibutuhkannya jaringan transmisi dan distribusi, ataupun panel dan metering listrik. Tabung listrik dapat dioperasikan secara praktis oleh pengguna tanpa membutuhkan pemeliharaan khusus. Distribusi kepada pelanggan dapat dilakukan dengan cepat melalui konsep *battery swap*. Stasiun pengisian juga dapat memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan dan mengatasi permasalahan *intermittent* seperti PLTS yang menjadi sumber penyediaan tenaga listrik.

Kebijakan pembangunan akses listrik berbasis Stasiun Pengisian Tenaga Listrik memberikan sebuah alternatif kebijakan dalam pemenuhan kebutuhan listrik yang ramah lingkungan dan bebas bahan bakar fosil karena adanya penggunaan energi terbarukan dimana seluruh energi listrik dari PLTS tidak ada yang terbuang. Biaya yang dihasilkan lebih murah dibandingkan dengan penggunaan pembangkit listrik konvensional seperti PLTD yang dapat mencapai 19-23 cUSD/kWh. Stasiun Pengisian Tenaga Listrik dapat menyediakan tenaga listrik dengan biaya lebih rendah yaitu sekitar 11,57 cUSD/kWh. Dengan menggunakan konsep stasiun pengisian tenaga listrik, energi listrik dapat didistribusikan dengan kapasitas besar, daya mobilitas tinggi, dan efisiensi tinggi karena penurunan rugi-rugi daya atau *losses* dari konverter akibat konversi tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC) yang ada pada konsep pembangunan akses listrik konvensional. Kebijakan ini akan menginisiasi munculnya industri-industri pendukung, seperti industri perakitan stasiun pengisian, pembuatan tabung listrik dengan baterai lithium ion, industri pemeliharaan stasiun pengisian, dan industri penunjang lainnya di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustino, L. (2016). *Dasar-dasar kebijakan publik (Edisi Revisi)*.
- Al Fatih, A., & Nadeak, W. (2010). *Implementasi kebijakan dan pemberdayaan masyarakat: (kajian pada implementasi program kemitraan dalam rangka memberdaya usaha kecil)*. Unpad Press.
- Alhusain, A. S. (2023). Tantangan, Kendala Dan Upaya Pembangunan Infrastruktur Listrik Di Provinsi Riau dan Provinsi Sulawesi Selatan. *Kajian*, 24(4), 261–279.
- Antoniadis, H. (2009) 'Silicon ink high efficiency solar cells', in *Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2009 34th IEEE*. IEEE, pp. 650–654.
- Bhattacharyya, S. C. (2013). Rural electrification experience from South-east Asia and South America. In *Rural Electrification Through Decentralised Off-grid Systems in Developing Countries* (pp. 157-184). Springer, London.
- Buchmann, I. (2006). Exploring a New Area in Portable Power High-Power Lithium-Ion. *Biomedical instrumentation & technology*, 40(4), 293-296.
- Energy, R. (2017). Accelerating the global energy transformation. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. Abu Dhabi.
- Goodenough, J. B. and Park, K.-S. (2013) 'The Li-ion rechargeable battery: a perspective', *Journal of the American Chemical Society*. ACS Publications, 135(4), pp. 1167–1176.
- Goriparti, S. *et al.* (2014) 'Review on recent progress of nanostructured anode materials for Li-ion batteries', *Journal of power sources*. Elsevier, 257, pp. 421–443.
- Huang, J., Li, G. and Yang, Y. (2008) 'A semi-transparent plastic solar cell fabricated by a lamination process', *Advanced materials*. Wiley Online Library, 20(3), pp. 415–419.
- Jain, N. and Jain, B. (2016) 'Nanotechnology for Renewable Energi: A Review'.
- Javadi, F. S., Rismanchi, B., Sarraf, M., Afshar, O., Saidur, R., Ping, H. W., & Rahim, N. A. (2013). Global policy of rural electrification. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 402-416.
- Kementerian, E. S. D. M. (2009). Indonesia Energy Outlook. *Jakarta: Kementerian ESDM*.
- Ketenagalistrikan, D. J. (2018) 'Statistik Ketenagalistrikan 2017', *Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan*.
- Landi, B. J. (2009) 'Nanomaterial approaches to enhance lithium ion batteries'.
- Lee, S. W. *et al.* (2010) 'High-power lithium batteries from functionalized carbon-nanotube electrodes', *Nature nanotechnology*. Nature Publishing Group, 5(7), p. 531..
- Li, G., Zhu, R. and Yang, Y. (2012) 'Polymer solar cells', *Nature photonics*. Nature Publishing Group, 6(3), p. 153.
- Liu, J. *et al.* (2015) 'Energi Storage Materials from Nature through Nanotechnology: A Sustainable Route from Reed Plants to a Silicon Anode for Lithium-Ion Batteries', *Angewandte Chemie*. Wiley Online Library, 127(33), pp. 9768–9772.
- Nomor, Peraturan Presiden Republik Indonesia. "Tahun 2017.(2017)." *Rencana Umum Energi Nasional* (22).
- Palit, D. (2013). Solar energy programs for rural electrification: Experiences and lessons from South Asia. *Energy for Sustainable Development*, 17(3), 270-279.
- Purwanto, E. A., & Sulistyastuti, D. R. (2012). *Implementasi kebijakan publik: Konsep dan aplikasinya di Indonesia*. Gave Media.
- Pusdatin, E. (2018) 'Handbook of Energi & Economic Statistics of Indonesia', *Jakarta: Ministry of Energi and Mineral Resources Republic of Indonesia*.

- Richmond, J., & Urpelainen, J. (2019). Electrification and appliance ownership over time: Evidence from rural India. *Energy Policy*, 133, 110862.
- Schmidt, T. S., Blum, N. U., & Wakeling, R. S. (2013). Attracting private investments into rural electrification—A case study on renewable energy based village grids in Indonesia. *Energy for Sustainable Development*, 17(6), 581-595.
- Serrano, E., Rus, G. and Garcia-Martinez, J. (2009) 'Nanotechnology for sustainable energi', *Renewable and Sustainable Energi Reviews*. Elsevier, 13(9), pp. 2373–2384.
- Statistik, B. P. (2014) 'Potensi Desa'. Jakarta.
- Taufik, M., Taufik, T., & Wong, T. (2012, September). Multiple-Input Single-Output converter for renewable energy sources. In *2012 IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications* (pp. 130-135). IEEE.
- Urmee, T., Harries, D., & Schlapfer, A. (2009). Issues related to rural electrification using renewable energy in developing countries of Asia and Pacific. *Renewable Energy*, 34(2), 354-357.
- Van Ruijven, B. J., Schers, J., & van Vuuren, D. P. (2012). Model-based scenarios for rural electrification in developing countries. *Energy*, 38(1), 386-397.
- Wagner, L. (2008) 'Nanotechnology in the clean tech sector', *Clean Air*, (January).