

Jurnal Artikel

ANALISIS EFEKTIVITAS INFRASTRUKTUR BANGUNAN SPKLU (Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum) DI INDONESIA MENUJU PROGRAM NZE (Net Zero Emission) TAHUN 2060

Arnoldus Jean Cornelis^{1*}, Amma Muliya Romadoni²

¹Program Studi Teknik Arsitektur, Universitas Satyagama Jakarta

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

¹ arnoldus.jean@Satyagama.ac.id, ² amma.muliya@uta45jakarta.ac.id

*Corresponding author – Email : arnoldus.jean@Satyagama.ac.id

Artikel Info - : Received : 17/9/2024; Revised : 4/10/2024 ; Accepted:11/10/2024

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas teknis dan operasional Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di wilayah JABODETABEK dalam mendukung transisi energi menuju Net Zero Emission (NZE) tahun 2060. Melalui observasi lapangan dan studi teknis terhadap beberapa titik SPKLU yang dioperasikan oleh berbagai operator, ditemukan bahwa sistem pengisian cepat (*fast charging*) mampu mengurangi waktu tunggu pengisian namun menghasilkan panas berlebih yang berdampak pada umur baterai dan menuntut sistem pendinginan yang lebih kompleks. Efisiensi pengisian energi berkisar antara 87–95%, dengan sistem *medium charging* menunjukkan efisiensi lebih tinggi dibandingkan *fast charging*. Hambatan teknis utama meliputi ketidaksesuaian standar konektor, ketergantungan pada jaringan PLN, keterbatasan lokasi pengisian, serta seringnya gangguan sistem. Penelitian ini merekomendasikan penerapan sistem ganti baterai (*battery swapping*), integrasi dengan *smart grid* dan energi terbarukan, serta penetapan standar nasional untuk sistem pengisian dan pengelolaan limbah baterai. Kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, industri, dan masyarakat menjadi kunci dalam mewujudkan ekosistem kendaraan listrik yang efisien dan berkelanjutan di Indonesia.

Kata kunci: SPKLU, *fast charging*, efisiensi energi, sistem ganti baterai, *smart grid*, Net Zero Emission.

Abstract

This study aims to analyze the technical and operational effectiveness of Public Electric Vehicle Charging Stations (SPKLU) in the JABODETABEK area in supporting the energy transition towards Net Zero Emission (NZE) by 2060. Through field observations and technical assessments of several SPKLU sites operated by various providers, it was found that *fast charging* systems significantly reduce vehicle downtime but generate excessive heat that affects battery lifespan and requires more complex cooling systems. Energy charging efficiency ranges from 87% to 95%, with *medium charging* systems demonstrating higher efficiency than *fast charging*. The main technical challenges include incompatibility of connector standards, dependency on the national power grid (PLN), limited charging station locations, and frequent system malfunctions. This study recommends the implementation of *battery swapping* systems, integration with *smart grids* and renewable energy sources, and the establishment of national standards for charging systems and battery waste management. Cross-sector collaboration between the government, industry, and society is crucial to realizing an efficient and sustainable electric vehicle ecosystem in Indonesia.

Keywords: SPKLU, *fast charging*, energy efficiency, *battery swapping* system, *smart grid*, Net Zero Emission.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kendaraan listrik (Electric Vehicle/EV) menjadi salah satu langkah strategis dalam mengurangi emisi karbon global dan mendukung transisi menuju energi bersih. Pemerintah Indonesia telah menetapkan target pencapaian *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060 sebagai komitmen terhadap Perjanjian Paris dan agenda pembangunan berkelanjutan. Untuk mendukung implementasi kendaraan listrik secara masif, diperlukan ketersediaan infrastruktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang andal, efisien, dan terintegrasi dengan sistem energi nasional.

Secara teknis, SPKLU merupakan sistem elektro-mekanis yang berfungsi mengalirkan energi listrik dengan parameter tegangan dan arus tertentu ke unit kendaraan. Keberhasilan pengoperasian SPKLU bergantung pada beberapa aspek keteknikan, seperti desain sistem pengisian, efisiensi transfer energi, stabilitas suplai daya, serta kemampuan integrasi dengan jaringan smart grid dan sumber energi terbarukan. Selain itu, penyebaran infrastruktur SPKLU yang belum merata, biaya investasi yang tinggi, serta tingkat adopsi kendaraan listrik yang masih rendah menjadi tantangan tersendiri dalam pengembangan sistem ini.

Permasalahan utama yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas teknis dan operasional SPKLU di Indonesia dalam mendukung target NZE 2060. Evaluasi dilakukan terhadap sistem pengisian, keandalan operasional, dan potensi integrasi dengan teknologi smart grid. Melalui pendekatan kualitatif yang dikombinasikan dengan observasi teknis, penelitian ini berupaya mengidentifikasi hambatan dan merumuskan rekomendasi strategi peningkatan kinerja SPKLU secara teknis dan sistematis.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis performa dan efektivitas infrastruktur SPKLU di Indonesia serta

memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem pengisian kendaraan listrik yang handal dan berkelanjutan. Adapun ruang lingkup studi mencakup evaluasi aspek teknis SPKLU, pemetaan permasalahan implementasi di lapangan, serta penyusunan strategi teknis untuk peningkatan efisiensi dan keandalan sistem dalam kerangka pencapaian target NZE.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan dukungan analisis teknis untuk mengevaluasi efektivitas infrastruktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di Indonesia. Metode ini dipilih untuk memperoleh pemahaman komprehensif terhadap kondisi aktual SPKLU dari sisi teknis, operasional, dan kebijakan, serta untuk mengidentifikasi tantangan dan potensi pengembangan sistem ke depan.

2.1 Pendekatan dan Desain Penelitian

Penelitian dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Studi Literatur: Mengkaji regulasi nasional, standar teknis SPKLU, roadmap NZE 2060, serta jurnal dan publikasi ilmiah terkait teknologi pengisian kendaraan listrik dan sistem energi.
2. Observasi Lapangan dan wawancara pengguna kendaraan Listrik: Melakukan pengamatan langsung pada beberapa SPKLU di wilayah strategis (kota besar dan jalur utama), dengan fokus pada parameter teknis seperti kapasitas daya, jenis pengisian (AC/DC), efisiensi transfer energi, dan waktu pengisian rata-rata.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari:

1. Data Primer: Hasil observasi lapangan dan wawancara teknis.
2. Data Sekunder: Dokumen kebijakan, laporan tahunan

lembaga energi, standar teknis (misalnya IEC 61851 dan ISO 15118), serta publikasi ilmiah dari jurnal bereputasi.

2.3 Teknik Analisis

Data dianalisis menggunakan metode berikut:

1. Analisis Deskriptif Teknis: Digunakan untuk mengevaluasi aspek fungsional dan kinerja sistem SPKLU berdasarkan parameter daya input-output, waktu pengisian, dan jenis konektor.
2. Analisis SWOT Teknis: Untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dari sisi rekayasa sistem dan pengembangan infrastruktur
3. SPKLU.

2.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada aspek teknis dan sistemik dari SPKLU publik yang dioperasikan oleh entitas resmi (PLN dan mitra swasta). Pengisian kendaraan di rumah (home charging) dan aspek ekonomi secara rinci tidak menjadi fokus utama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tinjauan Teknis ke Lokasi SPKLU

Berdasarkan observasi dan pengumpulan data dari beberapa titik SPKLU yang tersebar di sekitar area JABODETABEK diambil sample SPKLU yang dioperasikan Operator ditemukan bahwa sebagian besar stasiun pengisian menggunakan sistem pengisian tipe AC (22 kW) dan DC fast charging (50–100 kW).

Tabel 3.1 Data Survey Lokasi SPKLU
Sumber: Data Penulis

Operator	Produk	Lokasi
SPKLU PLN	Fast & Medium Charging	Gambir, Jakarta Pusat
SPKLU	Medium	Lenteng

PERTAMINA (GES)	Charging (Solar Panel)	Agung, Jakarta Selatan
SHELL	Fast Charging	SPBU Shell Pluit Selatan
Hyundai	Fast Charging	Hyundai Pramuka
Electrum	Medium Charging (SGB)	MallKelapa Gading, Jakarta Utara

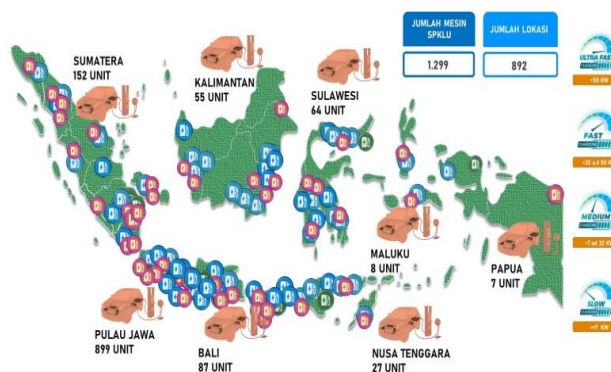
Hasil tinjauan lokasi menunjukkan bahwa waktu pengisian sangat bergantung pada jenis konektor dan daya output dari masing-masing produk ditawarkan operator penyedia. Penggunaan fast charging secara signifikan mengurangi waktu henti (downtime) kendaraan, namun menuntut kualitas jaringan dan pendinginan yang lebih tinggi yang disebabkan panas tinggi yang dihasilkan dalam penggunaan Fast Charging berpengaruh signifikan terhadap umur baterai kendaraan dalam menyuplai daya ke motor penggerak kendaraan.

Tabel 3.2 Data Jenis Pengisian daya SPKLU
(Sumber: KEMENESDM)

Jenis Produk	Keterangan
Fast Charging	Daya 50 kW – 150 kW, pengisian 30-60 menit
Ultra Fast Charging	Daya > 150 kW, pengisian 10–30 menit
Medium Charging	Daya 7,4 – 22 kW, pengisian 2–6 jam
Home Charger	Daya 3,7 – 7,4 kW, untuk di rumah
Battery Swapping	Khusus motor listrik, tukar baterai cepat

3.2 Efisiensi Operasional dan Distribusi Infrastruktur

Efisiensi sistem dihitung berdasarkan rasio energi terdistribusi terhadap energi yang disuplai dari jaringan. Rata-rata efisiensi sistem SPKLU Fast Charging berada pada kisaran 87–91%, sedangkan sistem Medium Charging berada pada kisaran 92–95%, dipengaruhi oleh faktor kehilangan panas pada konversi daya dan sistem pendinginan baterai.



Gambar 3.1 Gambar Peta Titik SPKLU seluruh Indonesia
(Sumber: Peta Titik SPKLU KEMENESDM)

Pemetaan distribusi SPKLU menunjukkan konsentrasi tinggi di Pulau Jawa, terutama di kota-kota besar dan rest area jalan tol utama.

Tabel 3.3 Data Durasi Pengisian Daya SPKLU

Jenis Pengisian	Daya Max	Tegangan Input	Tipe Kendaraan	(0-80%)	(0-100%)
AC Lantai 1	7 kW	220 V AC	Kendaraan Pribadi	6-8 jam	8-10 jam
AC Lantai 2	22 kW	380V AC	Kendaraan Pribadi	3-4 jam	4-5 jam
DC Fast Charging	50 kW	380-400V DC	Kendaraan Pribadi	30-40 menit	45 menit - 1 jam
DC Ultra Fast	100 kW	480 V DC	Kendaraan Pribadi	20-30 menit	30-40 menit
DC Fast Charging	50 kW	380 V DC	Kendaraan Logistik	1-2 jam	2-2.5 jam
DC Ultra Fast	150 kW	800 V DC	Kendaraan Logistik	1 jam	1.5-2 jam

Sumber: KEMENESDM

Waktu Pengisian (0-80%): Mengacu pada waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai kendaraan hingga 80% kapasitasnya, yang biasanya adalah rentang optimal untuk pengisian cepat.

Waktu Pengisian Penuh (0-100%): Waktu

yang dibutuhkan untuk mengisi baterai hingga 100%, meskipun pengisian hingga 80% sudah cukup untuk sebagian besar penggunaan harian. Namun, yang menjadi permasalahan utama efisiensi operasional adalah *downtime* waktu tunggu pengisian Listrik ke baterai kendaraan.

3.3 Hambatan Teknis dalam Implementasi

Beberapa kendala teknis yang teridentifikasi antara lain:

1. Ketidaksiharian standar konektor (CHAdeMO vs CCS2) menyebabkan keterbatasan kompatibilitas kendaraan.
2. Ketergantungan terhadap jaringan PLN tanpa sistem backup atau off-grid dari energi terbarukan menyebabkan rendahnya fleksibilitas sistem.
3. Durasi Pengisian Daya Bahan Bakar motor penggerak kendaraan listrik sangat tidak efisien waktu dibandingkan pengisian bahan bakar mesin penggerak ICE (*Internal Combustion Engine*)
4. Keterbatasan tempat Pengisian daya listrik, menyebabkan ketidakefisiensi waktu dan lahan.
5. Sering terjadi error sistem jaringan baik pada aplikasi maupun alat pengisian daya SPKLU.

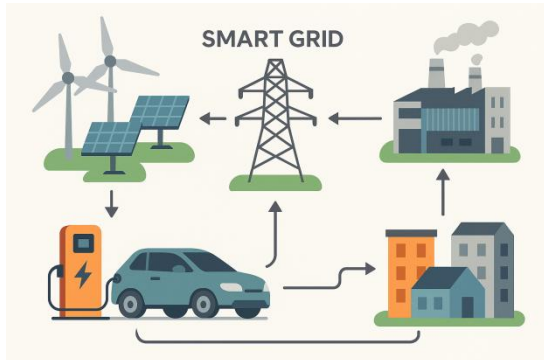
Current type	Region			
	Japan	America	Europe, rest of world	China
AC				
Plug name:	J1772 (or Type 1)	J1772 (or Type 1)	Mennekes (or Type 2)	GB/T
DC				
Plug name:	CHAdeMO	CCS1	CCS2	GB/T

Gambar 3.2 Jenis Socket Nozzle Kendaraan Listrik



Gambar 3.3 Foto Lokasi SPKLU di Lahan Parkir

3.4 Hasil dan Rekomendasi



Gambar 3.4 Ilustrasi *Smart Grid* Pengisian daya kendaraan Listrik

Berdasarkan hasil observasi terhadap hambatan teknis dalam implementasi efisiensi SPKLU sebagai program strategis pemerintah jangka Panjang NZE 2060 dan keterkaitannya terhadap kebijakan energi, hal-hal yang menjadi konsen peneliti sebagai dasar kebijakan kedepan yang patut diperhatikan sebagai berikut:

1. Bagi Produsen kendaraan berbasis listrik.
 - Pengembangan dan riset mendalam perihal Sistem Termal dan manajemen pendinginan Baterai kendaraan, dimana iklim di Indonesia yang cenderung Panas dengan kelembapan yang sangat tinggi rentan terhadap umur baterai. Dimana pengendalian suhu operasional bahkan termasuk pada penggunaan Fast Charging di SPKLU memiliki manajemen pelepasan panas berlebih.
 - Keterkaitannya dengan garansi umur baterai, Perusahaan manufaktur memiliki andil tanggung jawab terhadap produk yang dihasilkan dan dipasarkan, salah satunya baterai dari kendaraan listrik yang dapat berakhir

sebagai limbah B3 jika sudah habis masa pakainya. Oleh karena itu penerapan sistem ganti baterai/ sewa baterai merupakan salah satu alternatif yang berkelanjutan dalam sistem kendaraan berbasis listrik.

- Manufaktur diwajibkan mengikuti standar regulasi pemerintah terkait ekosistem kendaraan listrik yang berlaku, sehingga pengguna dalam melakukan pengisian daya maupun perawatan kendaraannya dapat dengan mudah diketahui dengan standard prosedur yang standard.



Gambar 3.5 Penerapan Swab Baterai pada Mobil Listrik di negara Cina

- Penerapan baterai lepas pasang sehingga era baru mendatang SPKLU dalam pengisian daya dapat lebih efisien secara waktu dan sesuai dengan regulasi pelayanan dan keamanan.
2. Bagi Regulator kebijakan terkait ekosistem kendaraan listrik:
 - Perihal kebijakan konversi Energi Bahan bakar kendaraan dari bahan bakar fosil menjadi kendaraan listrik yang diharapkan lebih ramah lingkungan dalam hal menanggulangi tingkat polusi udara dan ketergantungan kepada minyak bumi, pemerintah selaku pembuat regulasi selain memberikan insentif bagi pengguna kendaraan listrik. Kebijakan terkait keberlanjutan dan dampak jangka panjangnya seperti limbah baterai yang termasuk jenis B3 dan standarisasi SPKLU untuk memudahkan masyarakat dalam pengisian daya.
 - Membuat regulasi yang memaksa

produsen kendaraan listrik untuk turut bertanggung jawab atas produk yang dipasarkan, sebagai contoh penerapan sistem Ganti Baterai atau sewa baterai. Sehingga kualitas produk khususnya baterai sebagai penyimpan energi dapat terjaga dan produk yang beredar di masyarakat dapat terkontrol limbah B3nya.

- Membuat regulasi standar pelayanan dan standar keselamatan SPKLU yang berlaku bagi penyedia layanan baik Pemerintah maupun Swasta.
3. Dengan kolaborasi antara Industri manufaktur kendaraan, Penyedia Layanan SPKLU dan Pemerintah selaku regulator kebijakan arah program Konversi Energi dari bahan bakar fosil ke energi yang terbarukan maka manfaat yang diterima masyarakat selaku konsumen kendaraan bertenaga listrik diantaranya:
- Mendapatkan Jaminan dan kemudahan dalam mengoperasikan kendaraan dengan ditentagai listrik baik dari sisi sparepart, pengisian daya hingga limbah massa pakai lebih terstruktur dan mendapatkan kemudahan.
 - Dengan regulasi yang baik maka pemanfaatan insentif dan tujuan tercapainya program NZE akan terlihat progress *milestone* menuju pencapaian target.
 - Mendapatkan kemudahan akses pengisian daya tanpa menyebabkan waktu tunggu yang lama dan lebih efisien dari penggunaan bahan bakar konvensional yang dimana membutuhkan waktu 10-15 menit untuk pengisian daya, jika menerapkan sistem ganti baterai pada SPKLU maka waktu dapat dipangkas hingga 1-3 menit persesi penggantian, yang dimana lebih efisien pemanfaatan waktu hingga 3-5x lipat dari bahan bakar fosil dan 10x lipat lebih efisien dari penggunaan SPKLU charging dengan fast charger.



Gambar 3.6 Ilustrasi SPKLU dengan SWAB Baterai untuk kendaraan Listrik

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi teknis dan observasi langsung terhadap beberapa titik SPKLU di wilayah JABODETABEK, dapat disimpulkan bahwa infrastruktur pengisian daya kendaraan listrik di Indonesia masih berada dalam tahap pengembangan awal yang memerlukan perbaikan dari sisi teknis, efisiensi operasional, serta dukungan regulasi dan integrasi sistem.

Secara teknis, penggunaan sistem fast charging terbukti mampu mengurangi waktu pengisian secara signifikan, namun menimbulkan tantangan tersendiri dalam hal manajemen panas, keandalan jaringan, serta dampak terhadap umur baterai kendaraan. Efisiensi pengisian juga masih bervariasi tergantung pada jenis sistem pengisian, dengan sistem fast charging memiliki efisiensi sedikit lebih rendah dibanding medium charging akibat kehilangan energi dalam bentuk panas dan kebutuhan pendinginan intensif.

4.1 Hambatan Teknis yang dihadapi meliputi:

Terdapat beberapa hambatan teknis yang dihadapi, yaitu:

1. Ketidaksiharian standar konektor kendaraan (CHAdeMO vs CCS2);
2. Ketergantungan tinggi terhadap jaringan PLN tanpa dukungan sistem energi terbarukan;
3. Waktu pengisian relatif lama dibandingkan pengisian bahan bakar

- kendaraan ICE (Internal Combustion Engine);
4. Keterbatasan jumlah dan lokasi stasiun SPKLU; dan
 5. Error sistem baik dari sisi aplikasi maupun perangkat pengisian.

4.2 Saran Penulis terkait mendukung program strategis Pemerintah selaku Regulator menuju NZE 2060, penelitian ini merekomendasikan:

Saran yang dapat diberikan terkait penelitian ini adalah:

1. Penerapan sistem ganti baterai (battery swapping) untuk meningkatkan efisiensi waktu dan mengurangi degradasi termal baterai;
2. Integrasi sistem smart grid dan penggunaan energi terbarukan sebagai suplai SPKLU;
3. Penetapan standar pelayanan, standar keselamatan, dan standar konektor secara nasional;
4. Penguatan regulasi produsen kendaraan agar bertanggung jawab atas daur ulang dan limbah B3 dari baterai.

Dengan demikian, implementasi teknologi pengisian daya listrik yang adaptif dan berkelanjutan harus menjadi fokus pengembangan di masa depan dalam mendukung transisi energi nasional menuju target Net Zero Emission 2060.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chapman, A. J. (2018). Energy and environment in the age of renewables. *Energy Policy Journal*, 65(2), 112–123.
2. Kementerian ESDM. (2022). *Peta Jalan Pengembangan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru dan Terbarukan.
3. Putri, A. F., & Haryono, A. (2023). Analisis Kinerja SPKLU dan Pengaruhnya terhadap Penggunaan Kendaraan Listrik di Perkotaan. *Jurnal Rekayasa Mesin dan Energi*, 12(3), 78–86.
4. Rahmeyer, W. J., & Chain, F. (2015). Calibration and verification of cavitation testing facilities using an orifice. Retrieved from <http://www.engineering.edu>. Diakses pada 21 Mei 2015.
5. White, F. M. (2004). *Fluid Mechanics* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
6. Darma, S., & Permadi, D. A. (2020). Analisis Penerapan Smart Grid dalam Mendukung Infrastruktur Listrik Nasional. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi*, 9(1), 15-23.