

**LAPORAN PENELITIAN
REVIEW SISTEM CHARGING BERGERAK
KENDARAAN LISTRIK**



Disusun Oleh:

Ketua : Ir. Edwin Kamal, ST. MEngSc. IPM
Anggota : 1. Ir. Adi Setiawan, ST. MEngSc. IPM
2. Dra. Ir. Sri Yatmani, MSi. IPM.

INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Review Sistem Charging Bergerak Kendaraan Listrik

Jenis Penelitian : Studi Literatur

Ketua Penelitian

a. Nama Lengkap : Ir. Edwin Kamal, ST. MEngSc. IPM
b. NIDN : 0301057402
c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
d. Program Studi : Teknik Elektro
e. Nomor HP/Surel : 0852-18152284
f. Bidang Keahlian : Aplikasi Mikroprosesor, robotik, Renewable Energi

Anggota Peneliti 1

a. Nama : Ir. Adi Setiawan, ST. MEngSc. IPM. (0310027302)
b. Program Studi : Teknik Elektro

Anggota Peneliti 2

c. Nama : Dra. Ir. Sri Yatmani, Msi. IPM (0306085902)
d. Program Studi : Teknik Elektro

Anggota Mahasiswa

a. Nama : Aryasetya Putra P (NRP: 1112000021)
b. Nama : M. Yuda Pratama (NRP: 1112000010)
c. Nama : Najib Ghulam Masykur (NRP: 1112000033)

Institusi Sumber Dana : Mandiri

Biaya Penelitian : Rp. 10.000.000,-

Kota Tangerang Selatan, 21 Februari 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi T. Elektro



(Ir. Saharudin, ST, MEngSc, IPM)
NIDN: 0310107702

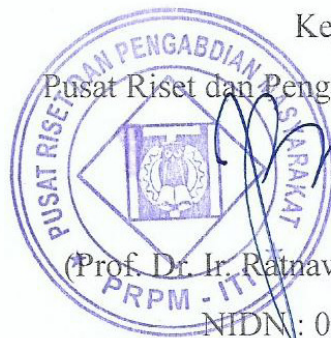
Ketua Penelitian

(Ir. Edwin Kamal, ST, MEngSc, IPM)
NIDN : 0313049303

Menyetujui,

Kepala

Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat ITI



(Prof. Dr. Ir. Ratnawati, MEng.Sc., IPM)
NIDN: 0301036303



INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

Jl. Raya Puspiptek, Tangerang Selatan - 15314
(021) 7562757

www.iti.ac.id [institutteknologiindonesia](https://www.instagram.com/institutteknologiindonesia) [@kampusITI](https://www.facebook.com/kampusITI) [InstitutsTeknologiIndonesia](https://www.facebook.com/InstitutsTeknologiIndonesia)

SURAT TUGAS

No. : 021/ST-PLT/PRPM-PP/ITI/I/2024

- Pertimbangan : Bahwa dalam rangka melaksanakan kegiatan Penelitian bagi Dosen Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Indonesia, perlu dikeluarkan surat tugas.
- Dasar : 1. Pembebanan Tugas dosen Program Studi Teknik Elektro;
2. Surat Permohonan Tanggal 15 Januari 2024;
3. Kepentingan Institut Teknologi Indonesia.

DITUGASKAN

- Kepada : Dosen Program Studi Teknik Elektro – ITI (Terlampir)
- Untuk : 1. Melaksanakan kegiatan Penelitian pada Semester Ganjil Tahun Akademik 2023/2024;
2. Melaporkan hasil tugas kepada Kepala PRPM - ITI;
3. Dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Tangerang Selatan, 16 Januari 2024
Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Kepala,

Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM

Tembusan Yth.

1. Wakil Rektor Bid Akademik, Penelitian dan Kemahasiswaan
2. Ka. Biro SDMO
3. Ka. Prodi T.Elektro
4. Arsip

Lampiran Surat Tugas
No. 021/ST-PLT/PRPM-PP/ITI/2024
Tanggal 15 Januari 2024

DAFTAR PENELITIAN DOSEN PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK: 2023/2024

NO	TOPIK PENELITIAN	BIDANG	SUSUNAN TIM	SUMBER DANA	JUMLAH DANA (Rp)	KETERLIBATAN PRODI/INSTITUSI LAIN	KETERLIBATAN MAHASISWA
1	Analisis Tegangan Pengisi Baterai Handphone Menggunakan Metoda Buck Konverter DC-DC FC75	Engineering and Technology	Ir. Parlindungan P. Marpaung, M.T	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Duffine Bayu Al Rasyid (NRP: 111220004)
2	Review Sistem Hybrid Tenaga Matahari dan Tenaga Angin pada Bangunan Tinggi	Energi Baru dan Terbarukan	1. Ir. Edwin Kamal, S.T., M.Eng.Sc., IPM 2. Ir. Novy Hapsari, S.T., M.Sc	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	1. Rio Dwiyanto (NRP: 1111800038) 2. Bagas Ismoyo Eka (NRP: 1111800047) 3. Yudha Surya Antariksa (NRP: 1112000036)
3	Review Sistem Charging Bergerak untuk Kendaraan Listrik	Engineering and Technology	1. Ir. Edwin Kamal, S.T., M.Eng.Sc., IPM 2. Ir. Adi Setiawan, S.T., M.Eng.Sc., IPM 3. Dra. Ir. Sri Yatmani, M.Si., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	1. Aryasetya Putra P (NRP: 1112000021) 2. Muhammad Yuda Pratama (NRP: 1112000010) 3. Najib Ghulam Masykur (NRP: 1112000033)
4	Analisis Gerak Ankle kaki Kanan Menggunakan Robot Rehabilitasi	Engineering and Technology	1. Dr. Ir. Tris Dewi Indraswati, S.T., M.T 2. Ir. Ulfah Khairiyah Lutfiyani, S.T., M.Eng 3. Dra. Ir. Ratnawati, M.Si., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Abdullah Restu Wahyudi (NRP: 1112000003)
5	Pemanfaatan ESP32 pada Kontrol Jarak Jauh Inkubator Tempe berbasis IoT Skala Produksi UMIKM	Engineering and Technology	1. Ir. Novy Hapsari, S.T., M.Sc 2. Ir. Tita Aisyah, M.T., IPM 3. Ir. Saharudin, S.T., M.Eng.Sc., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Mohamad Harris (NRP: 11119000036)
6	Pemanfaatan Algoritma Arima untuk Prediksi Hasil Produksi Energi Listrik di PLTA Karacak PT. Indonesia Power Saguling Pomu	Engineering and Technology	1. Ir. Saharudin, S.T., M.Eng.Sc., IPM 2. Dra.Ir. Ratnawati, M.Si., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Dinda Febriansyah (NRP: 111900024)



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
BAB II.....	3
2.1 Electric Road System (ERS).....	3
2.2 Sistem Transfer Energi Listrik	4
2.2.1 Sistem Elektrifikasi	4
2.2.2 Teknik Transfer Energi.....	5
2.3 Instalasi charging	7
2.3.1 Aturan pemasangan instalasi <i>charging</i> di Indonesia	7
2.3.2 Energi yang dibutuhkan EV untuk bergerak (konsumsi daya).....	8
2.4 Penyimpanan Energi di Kendaraan	9
BAB III.....	11
3.1 Pendekatan Model.....	11
3.1.1 Menguji teknik <i>transfer</i> energi dan material	11
3.1.2 Kebutuhan panjang instalasi <i>charging</i>	13
3.1.3 Pengujian kapasitas superkapasitor	13
3.1.4 Rancangan awal sistem charging bergerak.....	14
3.2 Diagram Alir Proses Studi Kasus Sistem Charging Bergerak.....	14
DAFTAR PUSTAKA	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Electric Road System.....	3
Gambar 2. 2 Sistem <i>Pantograf</i> (KRL).....	5
Gambar 2.3 Carbon Strip.....	6
Gambar 2.4 <i>Wireless Charging</i>	6
Gambar 2.5 Gambaran umum Superkapasitor.....	10
Gambar 3.1 Gambaran system charging bergerak.....	11
Gambar 3.2 WPT Technoligies.....	13

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan kendaraan listrik (Electric Vehicle/EV) akhir-akhir ini memang makin tidak terbendung lagi. Sekelas produsen-produsen kendaraan ternama saja tidak mampu lagi menghambat perkembangannya. Mereka sengaja mengeluarkan produk-produk tandingan EV seperti kendaraan berbahan bakar hidrogen namun pada akhirnya terbukti justru kendaraan tersebut malah makin boros energi dibandingkan EV walau diklaim ramah lingkungan. Kekhawatiran mereka memang bukan tidak ada alasan. Hal ini dikarenakan EV secara teknologi bukanlah teknologi yang rumit untuk dipelajari, sehingga jika produk diluncurkan maka dari produk di pasaran saja akan banyak orang yang dapat membuatnya dengan kualitas yang tidak jauh berbeda. Berbeda dengan kendaraan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang tergolong sulit untuk dipelajari. Saat ini saja kendaraan BBM memiliki puluhan sensor didalam mesinnya dan pengaturan ketepatan yang cukup tinggi serta ditambah lagi dengan kualitas material yang harus baik karena suhu kerja yang relatif tinggi, semua hal tersebut membuat hanya segelintir produsen-produsen ternama dunia yang mampu menghasilkan kendaraan BBM yang cukup berkualitas. Itu semua dikarenakan tingkat efisiensi kendaraan BBM yang tergolong rendah yaitu diantara 30% - 45%, sehingga jika teknologi yang digunakan tidak tepat maka efisiensi akan jauh merosot dan hasilnya selain boros bahan bakar juga dapat menyebabkan kendaraan cepat mengalami kerusakan. Berbeda dengan EV, mesin listrik yang sederhana saja rata-rata dapat menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi yaitu mencapai 80%, apalagi jika menggunakan berbagai teknik maka nilai efisiensi 95% keatas bukanlah hal yang mustahil.

Namun diluar keunggulan EV dalam berbagai hal hingga saat ini EV masih menghadapi kendala terutama dalam hal penyimpanan (storage) energi listriknya yang memang masih kalah jauh dibandingkan dengan kendaraan BBM. Memang pada awalnya perkembangan EV para ahli seperti terbawa kearah usaha dalam mengatasi kelemahan EV tersebut. Usaha-usaha dalam mencari teknologi storage

yang unggul diupayakan baik dalam hal teknologi material serta struktur storage. Namun usaha-usaha tersebut tetap tidak dapat menyangi kapasitas penyimpanan kendaraan BBM dan justru menghasilkan permasalahan keamanan yang dapat menimbulkan ledakan dan kebakaran. Hal ini wajar karena material yang digunakan saat ini (Lithium) memang memiliki sifat-sifat yang berbahaya.

Beberapa tahun lalu para ahli teknologi EV mulai berubah haluan dari mengupayakan mencari solusi masalah storage di EV menjadi fokus pada keunggulan energi listrik yaitu distribusi. Energi listrik lebih unggul dalam distribusi dibandingkan BBM. BBM membutuhkan kendaraan tangki ataupun pipa-pipa yang panjang dan itu semua butuh energi yang besar untuk mendistribusikannya. Sedangkan untuk energi listrik proses distribusi energinya sangat efisien dengan tingkat yang cukup tinggi yaitu sekitar 95%. Sehingga wajar saja saat ini listrik ada dimana-mana dari mulai diperkotaan bahkan sampai di tengah hutan juga bisa dijangkau oleh energi listrik dengan kehilangan atau butuh energi untuk distribusi yang sangat kecil. Dengan memanfaatkan keunggulan energi listrik maka tahun 2022 di swedia dimulai penerapan Electric Road System yang memungkinkan EV dapat mengisi/charging energi listrik walau dalam kondisi bergerak. Perkembangan teknologi EV ini menarik untuk diungkapkan sehingga penulis melakukan penelitian tentang “Review Sistem Charging Bergerak untuk Kendaraan Listrik”. Review dari sistem charging ini diharapkan dapat menjadi pembuka wawasan kemana teknologi EV yang seharusnya.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada maka di dapatkan perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Studi teknik transfer energi listrik di jalan ke kendaraan EV?
2. Studi penerapan instalasi charging di jalan?
3. Studi cara penyimpanan daya didalam kendaraan listrik?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberi informasi tentang sistem *charging* bergerak untuk kendaraan listrik, baik dalam hal teknik transfer energi listrik, instalasi *charging* di jalan, dan penyimpanannya di kendaraan listrik

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Electric Road System (ERS)

Saat ini Swedia sedang membangun jalan listrik permanen pertama di dunia yang dapat mengisi daya kendaraan listrik yang bergerak. Rel listrik di permukaan tanah di jalan yang menyalurkan energi ke EV melalui kontak yang konduktif di bawah kendaraan, atau kumparan induktif yang tertanam di jalan yang mengirimkan daya ke kendaraan. Metode pengisian daya saat ini ada empat jenis pengisian yaitu sistem kapasitif, sistem konduktif, (berbasis tanah), sistem induktif, dan sistem *catenary*.^[1]



Gambar 2.1 Electric Road System

Pengisian kapasitif mengacu pada properti kapasitor untuk menyimpan energi dalam bentuk medan listrik ketika perbedaan potensial diterapkan padanya, pengisian daya konduktif berfungsi baik untuk kendaraan berat dan mobil pribadi selama ada sistem konduksi seperti rel. Kendaraan diisi melalui tongkat yang menyentuh rel. Sistem pengisian induktif menggunakan peralatan khusus yang terkubur di bawah jalan yang mengirimkan listrik ke kumparan di dalam kendaraan listrik. Kumparan di dalam kendaraan kemudian menggunakan listrik tersebut untuk mengisi baterai. Sistem *catenary* menggunakan kabel *overhead* untuk mengalirkan listrik ke jenis bus atau trem khusus dan oleh karena itu hanya dapat digunakan untuk kendaraan berat.^[1]

2.2 Sistem Transfer Energi Listrik

Sistem *transfer* energi listrik ke kendaraan yang bergerak sebenarnya bukan hal yang baru. Sistem tersebut sudah digunakan cukup lama pada Kereta Rel Listrik (KRL). Kereta Rel Listrik (KRL) merupakan salah satu bentuk penerapan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang transportasi yang memungkinkan KRL menggantikan alat angkut yang menggunakan batu bara atau solar. Sistem *transfer* energi listrik pada Kereta Rel Listrik (KRL) memerlukan pasokan listrik yang selalu tersedia, aman, ekonomis, mudah digunakan, dan yang terpenting adalah menjamin pasokan listrik yang berkesinambungan. Ada dua jenis listrik yang dapat digunakan di kereta api: listrik AC dan listrik DC.

Pilihan antara menggunakan daya transmisi AC atau DC di sepanjang saluran transmisi sangatlah penting. Arus AC (arus bolak-balik) adalah arus yang mengalir dalam arah bolak-balik, sedangkan arus DC (arus searah) hanya mengalir dalam satu arah. Secara umum, dalam hal transmisi daya, arus bolak-balik lebih mudah dibangkitkan dan dinaikkan tegangannya, sehingga cenderung lebih irit dan lebih mudah dipasang dalam jarak jauh. Namun, arus bolak-balik lebih umum terjadi di kereta api dan lebih sulit dikendalikan dibandingkan arus searah.

2.2.1 Sistem Elektrifikasi

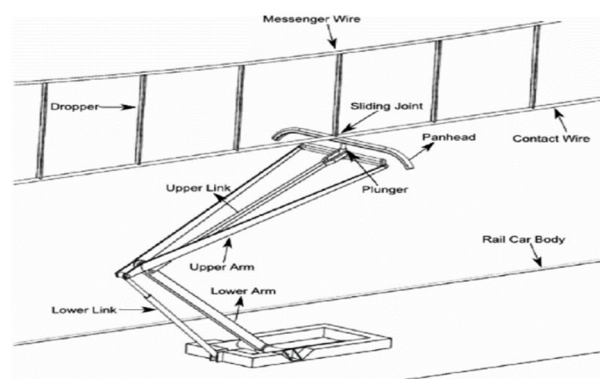
Elektrifikasi merupakan proses pemberian daya listrik yang berasal dari suplai kepada beban listrik. Elektrifikasi pada kereta rel listrik disebut listrik aliran atas (*catenary*) dimana suplai daya diberikan dari gardu traksi dan ditransmisikan pada jalur lintasan kawat troli hingga digunakan oleh beban kereta listrik yang contohnya adalah beban motor dan fasilitas lainnya. Sistem Elektrifikasi dibagi menjadi dua berdasarkan jenis arus listrik yang digunakan :

1. Elektrifikasi AC: 15 kV 60 Hz dan 25 kV 50 Hz
2. Elektrifikasi DC: 750 V, 1500 V dan 3000 V

Sistem elektrifikasi yang digunakan oleh PT. Kereta Api Indonesia (KAI Persero) pada Kereta Rel Listrik (KRL) adalah sistem elektrifikasi DC 1500 V yang disuplai dari gardu traksi.^[2]

2.2.2 Teknik Transfer Energi

Perkembangan sistem *transfer* energi listrik telah berkembang kini *system transfer* energi listrik bukan lagi hal yang sulit dilakukan karena jaringan sistem transmisi di Indonesia sudah tersebar secara cukup merata hal itu memungkinkan untuk adanya inovasi baru terutama pada *transfer* energi untuk kendaraan Listrik. Hal tersebut sudah di implementasikan oleh PT KAI, contohnya pada penerapan *transfer* energi listrik pada KRL untuk melakukan *transfer* energi menggunakan kontaktor secara langsung. Kontaktor dalam konteks ini adalah bahan yang bersentuhan langsung dengan sistem kabel yang tersedia di stasiun pengisian. Kontaktor juga adalah sarana sistem transmisi daya dari stasiun pengisian menuju ke kendaraan listrik. Sebagai bayangan Kontaktor disini sama halnya seperti pantograf pada Kereta Rel Listrik (KRL), sama-sama mempunyai kemiripan yaitu komponen yang bersentuhan langsung dengan sistem kabel. Pantograf merupakan *unit* komponen yang digunakan pada kereta MRT Jakarta sebagai penghubung dari listrik aliran atas ke sistem kelistrikan kereta. Adapun material yang dipakai adalah *carbon strip*.

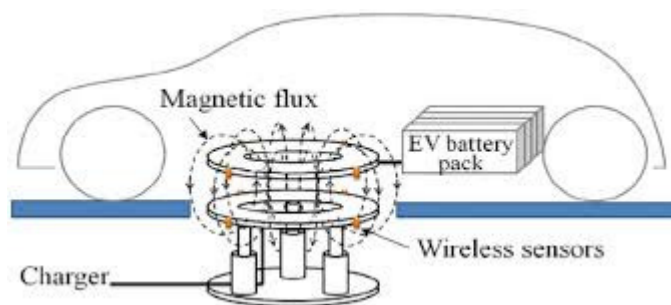


Gambar 2. 2 Sistem Pantograf (KRL)



Gambar 2.3 Carbon Strip

Carbon strip memiliki kandungan bahan yaitu *metalized carbon* yang memiliki kandungan Cu 50% dan C 50%, dan material ID PC78A. Sifat *carbon* yang keras namun mempunyai kekurangan yaitu getas membuat *carbon* umumnya dipadukan bahan lain seperti contohnya adalah besi (Fe). Dengan begitu perpaduan ini menghasilkan komponen dengan ketahanan akan deformasi yang tinggi serta kekerasan permukaan dengan memperhatikan komposisi campurannya.



Gambar 2.4 Wireless Charging

Saat ini berkembang juga teknik *transfer* energi pada kendaraan listrik dengan sistem *wireless*. Sistem *wireless* adalah sistem yang Dimana *transfer* energi tidak lagi memerlukan kabel untuk menghantarkan energi. Pengisian daya secara *wireless* memungkinkan baterai EV diisi dari jarak tertentu tanpa memerlukan kontak. Ada dua Teknik yang biasanya digunakan dalam pengisian daya *wireless*: pengisian daya stasioner, dan pengisian daya dinamis atau bergerak, Teknologi pengisian daya nirkabel menawarkan solusi menjanjikan untuk pengisian daya baterai kendaraan listrik karena manfaatnya, termasuk kenyamanan, fungsionalitas otomatis, keandalan dalam kondisi lingkungan yang menantang, dan ketahanan terhadap

kerusakan. Selain itu, penghapusan kabel meningkatkan keamanan. Namun demikian, seperti teknologi apa pun, sistem pengisian daya nirkabel menghadapi keterbatasan seperti hilangnya efisiensi karena ketidakselarasan, biaya *unit* dan pemasangan yang tinggi, serta kompleksitas dalam desain, manufaktur, infrastruktur, dan integrasi. Dengan tinjauan yang sudah dilakukan akan di kembangkan untuk lebih lanjut dengan harapan memperoleh data bahan yang sesuai dengan spesifikasi dan ketentuan dari konsep sistem *charging* berjalan.

2.3 Instalasi *charging*

Dalam sebagian besar literatur yang tersedia, sistem pengisian kendaraan listrik (EV) dimodelkan sebagai beban yang sepenuhnya fleksibel (generator) dimana penjadwalan beban EV dikelola untuk menghindari kemacetan jaringan dan menurunkan biaya pengisian EV. Satu-satunya kendala pada sistem pengisian daya EV adalah kapasitas baterai dan nilai daya konverter pengisian daya. Instalasi *charging* merupakan fasilitas yang umum disediakan untuk mengisi energi ke baterai kendaraan listrik. Stasiun pengisian kendaraan listrik merupakan infrastruktur yang digunakan untuk mengisi daya kendaraan listrik, seperti mobil listrik, mobil *hybrid*, kendaraan angkutan umum listrik. Stasiun pengisian yang ada di Indonesia saat ini hanyalah stasiun pengisian secara statis (tidak bergerak). Stasiun yang sudah ada di Indonesia adalah adalah SPKLU (Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum) Stasiun pengisian seperti ini sudah banyak tersebar di berbagai kota di Indonesia. Di negara yang kendaraan listriknya sudah banyak EV publik *charging* biasanya disediakan oleh perusahaan penyedia tenaga listrik.

2.3.1 Aturan pemasangan instalasi *charging* di Indonesia

Pemasangan instalasi *charging* listrik untuk mobil EV di jalan perlu memenuhi aturan standard dan keselamatan yang berlaku di Indonesia yang sudah ada dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2020 tentang penyediaan infrastruktur pengisian listrik untuk kendaraan bermotor listrik berbasis baterai, wajib memenuhi ketentuan

keselamatan ketenagalistrikan, tarif tenaga listrik, dan pola kerjasama dengan PT PLN (Persero).^[3]

Dalam pemasangan instalasi harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut:

1. Stasiun pengisian wajib memenuhi ketentuan Keselamatan Ketenagalistrikan (KESDM).
2. Stasiun pengisian wajib memenuhi ketentuan dan aturan yang berlaku di Indonesia untuk membangun Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU).
3. Sertifikasi Laik Operasi dari stasiun pengisian oleh Lembaga Inspeksi Teknik (KESDM)
4. Kesesuaian standar produk dari stasiun pengisian oleh Lembaga Sertifikasi Produk (BSN dan KESDM).

2.3.2 Energi yang dibutuhkan EV untuk bergerak (konsumsi daya)

Ada beberapa metode berbeda untuk menghitung konsumsi energi kendaraan listrik, namun metode yang paling umum adalah menggunakan kilowatt-jam/100 km. Ini menunjukkan berapa kilowatt-jam listrik yang digunakan kendaraan untuk setiap seratus kilometer yang diikendarai.

Dengan menentukan jumlah rata-rata kilometer yang tempuh dalam sehari dan ukuran baterai kendaraan. Selanjutnya setelah memiliki informasi, baru dapat menggunakan rumus: Ukuran baterai (dalam kilowatt-jam) x Jumlah rata-rata km berkendara per hari / 100 = Kilowatt-jam per kilometer mil. Konsumsi energi rata-rata sebuah kendaraan listrik yaitu sebesar 0,20 kilowatt-jam (kWh) per kilometer atau 0,32 kWh per mil, kita dapat melihat energi yang dibutuhkan. Pada spesifikasi mobil Wuling Air Ev dengan *Standard Range* memiliki kapasitas baterai 17,3 kWh dengan jarak tempuh hingga 200 kilometer^[4]. Bila pengisian baterai dengan sistem *charging* bergerak ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$17,3 \text{ kWh} : 200 \text{ km} = 0,0865 = 86,5 \text{ Wh/km}$$

$$86,5 \text{ Wh} \times 3600 \text{ s} = 311,4 \text{ Kj}$$

Dengan pengisian selama $5s = 311,4 \text{ KJ} \times 5 = 62,3 \text{ Kw}$

Dengan kecepatan kendaraan 60 km/jam yang merupakan kecepatan minimum di jalan tol/bebas hambatan.

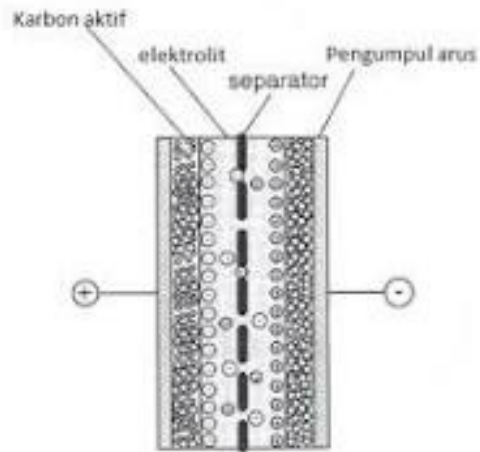
2.4 Penyimpanan Energi di Kendaraan

Penyimpanan energi pada kendaraan listrik umumnya disimpan pada baterai karena baterai memiliki kapasitas penyimpanan yang besar. penggunaan baterai secara optimal menjadi tantangan tersendiri karena baterainya pada saat yang sama, ia memiliki kapasitas penyimpanan energi yang tinggi dan memiliki kepadatan daya yang rendah. namun, kelemahan baterai adalah masa pakai yang terbatas dan harga yang relatif mahal serta membutuhkan waktu pengisian energi yang cukup lama. Karakteristik pengendaraan kendaraan listrik seringkali tidak konstan karena adanya proses yang mengakibatkan pelepasan muatan yang berlebihan dan mengurangi masa pakai baterai. Superkapasitor memiliki kepadatan daya yang tinggi dengan kepadatan energi yang rendah dibandingkan dengan baterai. Jadi superkapasitor dapat menyerap dan menghasilkan lonjakan arus langsung lebih baik daripada baterai. Kelebihan utama pada superkapasitor yaitu waktu pengisian yang sangat singkat sehingga sangat ideal digunakan dalam sistem *charging* bergerak. Namun, Superkapasitor tidak dapat digunakan sebagai pembawa penyimpanan energi primer karena kapasitas penyimpanan kecil ini. Menambahkan superkapasitor sebagai medianya Penyimpanan energi dapat mengatasi keterbatasan aplikasi energi dengan baterai.^[5]

2.4.1 Pengertian Superkapasitor

Mekanisme penyimpanan energi superkapasitor sama dengan kapasitor "normal", yaitu dengan pemisahan beban. Jika kapasitor dengan adanya beda potensial (proses pengisian), muatan positif terakumulasi di salah satunya pelat dan muatan negatif pada pelat lainnya sehingga menimbulkan medan listrik di antara keduanya kedua lempeng tersebut merupakan perwujudan penyimpanan energi. Kapasitas kapasitor ditampilkan sebagai kapasitansi (dilambangkan C, satuan Farad), yang besarnya sebanding dengan luas pelat (A, satuan m²) dan berbanding terbalik dengan jarak pelat (d, satuan m). Nilai kapasitas

Kapasitor konvensional berkisar beberapa ratus milifarad. Superkapasitor memiliki kepadatan daya yang besar, waktu pengisian yang cepat, serta siklus hidup yang hampir tidak terbatas.^[6]



Gambar 2.5 Gambaran umum Superkapasitor

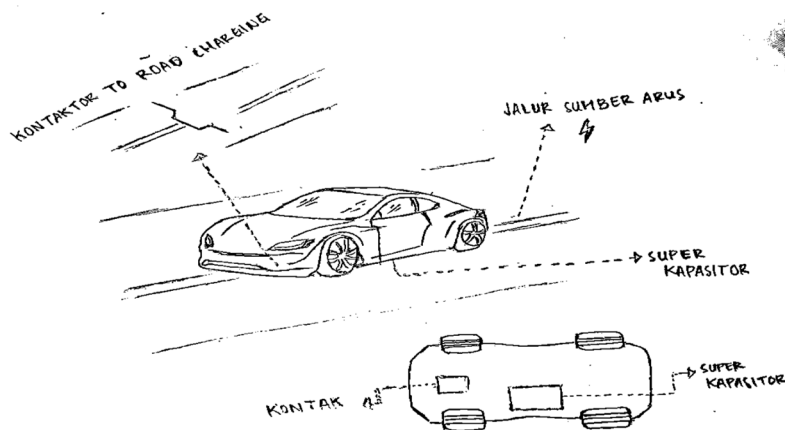
Berdasarkan gambar diatas teknologi karbon yang digunakan pada kapasitor menciptakan area permukaan yang sangat besar dengan jarak pemisah yang sangat kecil. Semua superkapasitor terdiri dari dua elektroda yang direndam dalam larutan konduktif atau polimer konduktif yang disebut elektrolit. Elektroda dipisahkan oleh pemisah/separator berbahan dielektrik yang bukan hanya untuk mencegah agar tidak terjadi tumpang tindih muatan pada kedua elektroda tetapi juga memiliki sifat listrik yang mempengaruhi kinerja superkapasitor.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang metode penelitian. Metode penelitian tersebut terdiri dari pendekatan model, dan penentuan spesifikasi sistem.

3.1 Pendekatan Model

Pada Pendekatan Model ini akan membahas tentang sistem *charging* bergerak kendaraan listrik yang melibatkan beberapa aspek penting seperti, perhitungan kebutuhan panjang menguji teknik kontak, instalasi *charging*, dan materialnya, menguji kapasitas superkapasitor.



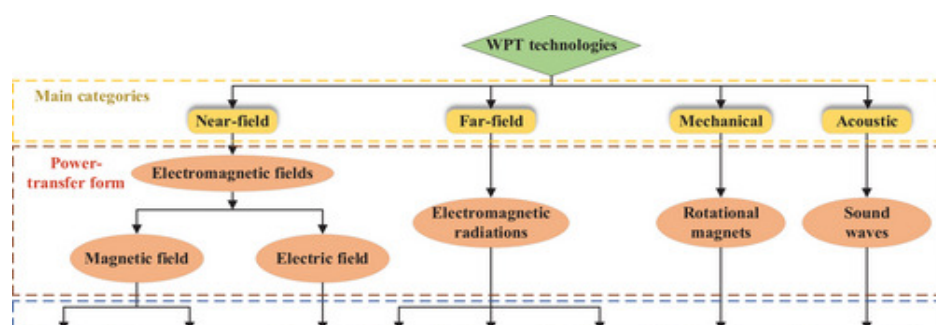
Gambar 3.1 Gambaran system charging bergerak

3.1.1 Menguji teknik *transfer* energi dan material

Pada bagian ini akan membahas tentang material yang akan digunakan dengan cara mempelajari literatur tentang teknik dan material, pengujian material (Karbon, Tembaga, dan *Stainless*), teknik kontak yaitu teknik gesek dan teknik ulir, serta *wireless charging*.

Metoda yang digunakan dalam pengujian material ini adalah dengan menggunakan pengujian teknik gesek dan pengujian teknik ulir.

1. Metoda teknik gesek adalah metoda yang digunakan dalam sistem *transfer* energi dengan cara kontak yang berada dikendaraan bergesekan dengan instalasi sumber *charging*, setelah dua komponen tersebut terjadi kontak maka akan menyebabkan gesekan dan *transfer* daya dapat terjadi, Implementasi dari metoda gesek ini adalah implementasi dari pantograf KRL. Aspek yang mungkin diperhatikan dari metoda ini adalah ketahanan bahan terhadap suhu panas, bahan harus benar-benar tahan panas karena didalam konsep dari Sistem *Charging* Bergerak ini kontak akan kontak dengan sistem kabel terbuka yang memiliki arus listrik besar, hal tersebut akan menyebabkan kenaikan suhu secara signifikan dari kontak.
2. Metoda teknik ulir adalah metoda yang menggunakan roda pada ujung kontak, metoda ini tidak jauh berbeda dengan metoda gesek, yang membedakan adalah metoda ini menggunakan roda yang berulir pada ujung kontak. Hal ini menghasilkan gesekan yang minim, maka energi panas yang dihasilkan dari gesekan dapat ditekan seminimal mungkin. Aspek yang diperhitungkan dari Metoda teknik ulir ini adalah keausan dari poros roda yang terjadi karena oksidasi dan gesekan yang terjadi.
3. Metoda Teknik *wireless* adalah metoda *transfer* energi listrik yang dapat dilakukan tanpa *system* kabel (nirkabel). Ada 3 metoda *wireless* yang dapat digunakan untuk saat ini yaitu: pengisian daya stasioner, dan pengisian daya dinamis atau bergerak.



Gambar 3.2 WPT Technologies

4. WPT (*Wireless power transfer*) dapat dibagi lagi kedalam 4 kategori yaitu: *transfer* medan jauh, *transfer* medan dekat, interaksi mekanis menggunakan magnet permanen (misalnya, peralatan magnet), dan metode akustik. Roda gigi magnetik WPT (MGWPT) pada awalnya ditujukan untuk menggantikan roda gigi konvensional yang terhubung tetapi telah berevolusi untuk menyesuaikan berbagai aplikasi, seperti pengisian daya stasioner EV dan penggerak EV. Penelitian ini memiliki aspek yang diperhitungkan di dalam metoda *wireless* adalah seberapa besar perubahan penyerapan energi yang terjadi apabila *system wireless* ini dilakukan secara dinamis atau bergerak dan seberapa besar gap antara penghantar gelombang listrik dengan *receiver*.

3.1.2 Kebutuhan panjang instalasi *charging*

Pada bagian ini merupakan gambaran dari konsep instalasi stasiun pengisian kendaraan listrik bergerak. Ada beberapa aspek yang harus ditentukan tentang kebutuhan energi kendaraan listrik melalui literatur, cara penyaluran daya pada stasiun pengisian, waktu pengisian, dan panjang instalasi *charging*.

$$t = \frac{E_{km}}{P_t} \text{ det}$$

Dimana: t = waktu tempuh

E_{km} = Konsumsi daya/KM

P_t = Daya yang dapat di *transfer*

3.1.3 Pengujian kapasitas superkapasitor

Pada bagian ini akan membahas tentang pengujian kapasitas pada superkapasitor dengan cara mempelajari literatur tentang penyimpanan *Electric Vehicle* dalam menentukan kapasitas baterai ideal dan pengujian kapasitas muatan dari kapasitor.

Waktu pengisian superkapasitor adalah 1 sampai 5 detik. Karakteristik muatannya mirip dengan baterai elektrokimia dan arus muatannya, sebagian besar, dibatasi oleh kemampuan penanganan arus

pengisi daya. Pengisian awal dapat dilakukan dengan sangat cepat, dan pengisian ulang akan memerlukan waktu tambahan. Ketentuan harus dibuat untuk membatasi arus masuk saat mengisi superkapasitor kosong karena akan menyedot semua yang bisa dilakukannya.

3.1.4 Rancangan awal sistem charging bergerak

Hasil dari pengujian-pengujian tersebut maka dapat diperhitungkan rancangan awal suatu sistem *charging* bergerak yang dapat diterapkan pada jalan raya. Mulai dari sistem pendeteksian kendaraan EV, pengaktifan *charging* bergerak, pengisian energi pada EV, kecepatan yang ideal untuk melewati fasilitas tersebut dan posisi *charging* bergerak selanjutnya.

3.2 Diagram Alir Proses Studi Kasus Sistem Charging Bergerak

Berikut adalah gambar diagram alir yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian "Studi Sistem *Charging* Bergerak Kendaraan Listrik":



DAFTAR PUSTAKA

- Roselyne Min. 2023. " Sweden is building the world's first permanent electrified road for EVs to charge while driving". <https://www.euronews.com/next/2023/05/09/sweden-is-building-the-worlds-first-permanent-electrified-road-for-evs-to-charge-while-dri>. (Januari 10, 2024)
- Sugianto, Poedji Oetomo, and Hafidz Ahnap Alfiansyah. 2023. "Studi Tentang Kelistrikan Pada Sistem Kereta Rel Listrik". *Journal of Sinusoida Vol: XXV*.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. 2020. "Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik Dan Tarif Tenaga Listrik Untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai". <https://gatrik.esdm.go.id>. (Desember 15 2023).
- Wuling.2023. Spesifikasi Mobil Wuling Air EV. https://wuling.id/id/air-ev?product_id=18&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=biddable%20platform_always%20on%20january_0124_sitelink_darkpost_cpc&utm_terms=paid&utm_content=air%20ev_air%20ev_all%20variant&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAtt2tBhBDEiwALZuhAGf6vdERWcW6X00GmGNrC2dKixP4JPRPeaK2RXiveTweqa8V1Ejf0xoCu3IQAvD_BwE
- Vita Lyistianingrum. 2020. "Superkapasitor Sebagai Alternatif Penyimpanan Energi Untuk Bus Listrik DiIndonesia: Potensi Dan Tantanga".
- Kc Seetha Lakshmi, Balaraman Vedhanarayanan. 2023. "Superkapasitor Berkinerja Tinggi: Tinjauan Komprehensif tentang Pergeseran Paradigma Perangkat Penyimpanan Energi Konvensional". *Journal of MDPI baterai* 2023, 9, 202.
- Intelligent Transport. 2020. "Electricroad systems and the Swedish evolution". <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/106866/electric-road-systems-and-the-swedish-evolution/>. (Januari 13, 2024)
- M. Arya Harisa Ashari, Angga Rusdinar, and Porman Pangaribuan. 2018. "Sistem Monitoring Dan Manajemen Baterai Pada Mobil Listrik". <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/sinusoida/article/view/1671/1093>. (Desember 22, 2023).

- Victor Tulus Pangapoi Sidabutar. 2020. "Kajian Pengembangan Kendaraan Listrik di Indonesia: prospek dan Hambatannya. <https://online-journal.unja.ac.id/paradigma/article/view/9217>. (Desember 22, 2023).
- Intelligent Transport. 2020. "Electricroad systems and the Swedish evolution". <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/106866/electric-road-systems-and-the-swedish-evolution/>. (Januari 13, 2024)
- Hilham Yatriendi, Andi M. Nur Putra, dan Fachri Awalul Muchtari. 2022. "Perkembangan Teknologi Pengisian Cepat Pada Kendaraan Listrik (Teknologi dan Infrastruktur)". *Journal of Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi*
- I. P. Dharmawan, I. N. S. Kumara, and I. N. Budiastira. 2021. "Perkembangan Infrastruktur Pengisian Baterai Kendaraan Listrik DiIndonesia. *Jurnal of Spectrum Vol 8, No. 3*: 90-99.
- Abdel Moamen, SA Shaban, and F Juri. 2017. "Sistem Transmisi HVDC Perancis-Spanyol dengan Konverter Multilevel Modular Hibrid dan Konverter Lengan Alternatif". *Jurnal Konferensi Internasional tentang Inovasi dalam Ketenagalistrikan dan Teknologi Komputasi Canggih* : 978-1-5090-5682-8 IEEE.