

**ANALISIS EFISIENSI ENERGI PADA KENDARAAN SEPEDA
LISTRIK**

SKRIPSI

OLEH:

KABUL HERIANTO GULTOM

19.812.0022



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/2/25

Access From (repository.uma.ac.id)11/2/25

**ANALISIS EFISIENSI ENERGI PADA KENDARAAN SEPEDA
LISTRIK**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area



OLEH:

Kabul Herianto Gultom

19.812.0022

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

**LEMBAR
PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Analisis Efisiensi Energi Pada Kendaraan Sepeda Listrik
Nama : Kabul Herianto Gultom
NPM : 19.812.0022
Fakultas : Teknik Elektro




Muhammad Fadlan Siregar, S.T., M.T.
Dekan


H. Habib Satria, M.T., IPM
Ka.Prodi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etikapenulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 10 Juli 2024



Kabul Herianto Gultom
198120022

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan
dibawah ini:

Nama : Kabul Herianto Gultom
NPM : 19.812.0022
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive
Royalty- Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Analisis Efisiensi
Energi Pada Kendaraan Sepeda Listrik”.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti
Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan,
mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database),
merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap
mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak
Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan

Pada Tanggal: Maret 2024

Yang menyatakan



Kabul Herianto Gultom

ABSTRAK

Sepeda listrik, sebagai bagian penggunaan energi terbarukan, dianggap sebagai alternatif transportasi yang ramah lingkungan, praktis, dan ekonomis. Namun, seperti halnya kendaraan listrik lainnya, sepeda listrik juga dihadapkan pada tantangan utama terkait efisiensi penggunaan energi, yang secara langsung tergantung pada kinerja sistem penggeraknya. Analisis ini bertujuan untuk menghitung nilai efisiensi pada sepeda listrik dan juga hubungan antara torsi dan daya yang digunakan sepeda listrik pada kecepatan rata-rata tertentu. Penelitian ini meliputi perhitungan efisiensi energi pada penggerak sepeda listrik. Pengujian dilakukan dengan sepeda listrik berdaya 500 watt dan 400 watt dan dibantu dengan aplikasi simulasi sepeda listrik. Pada kecepatan sepeda listrik 10 km/jam, efisiensi yang dihasilkan sebesar 58,6% dengan konsumsi daya 20 Watt sedangkan pada kecepatan 30 km/jam efisiensi yang dihasilkan yaitu 75% dengan konsumsi daya sebesar 194 Watt. Pada kecepatan 10 km/jam nilai torsi sebesar 1,4 Nm dan pada kecepatan 30 km/jam nilai torsi sebesar 4,8 Nm. Semakin cepat sepeda listrik melaju, efisiensinya cenderung meningkat, namun efisiensi berkurang secara signifikan jika melewati kecepatan optimal.

Kata kunci: Sepeda listrik, efisiensi, baterai listrik, torsi

ABSTRACT

Electric bicycles, as part of renewable energy utilization, are considered an environmentally friendly, practical, and economical transportation alternative. However, like other electric vehicles, electric bicycles also face major challenges related to energy use efficiency, which directly depends on the performance of their drive systems. This analysis aims to calculate the efficiency value of electric bicycles and examine the relationship between torque and power consumption at certain average speeds. The study includes energy efficiency calculations on the electric bicycle drive system. Testing was conducted using 500-watt and 400-watt electric bicycles, aided by an electric bicycle simulation application. At a speed of 10 km/h, the efficiency achieved was 58.6% with a power consumption of 20 watts, while at 30 km/h, the efficiency was 75 % with a power consumption of 194 watts. At 10 km/h, the torque value was 1.4 Nm, and at 30 km/h, the torque value was 4.8 Nm. The faster the electric bicycle moves, the efficiency tends to increase, but it significantly decreases if it exceeds the optimal speed.

Keywords: *Electric bicycles, efficiency, electric batteries, torque*

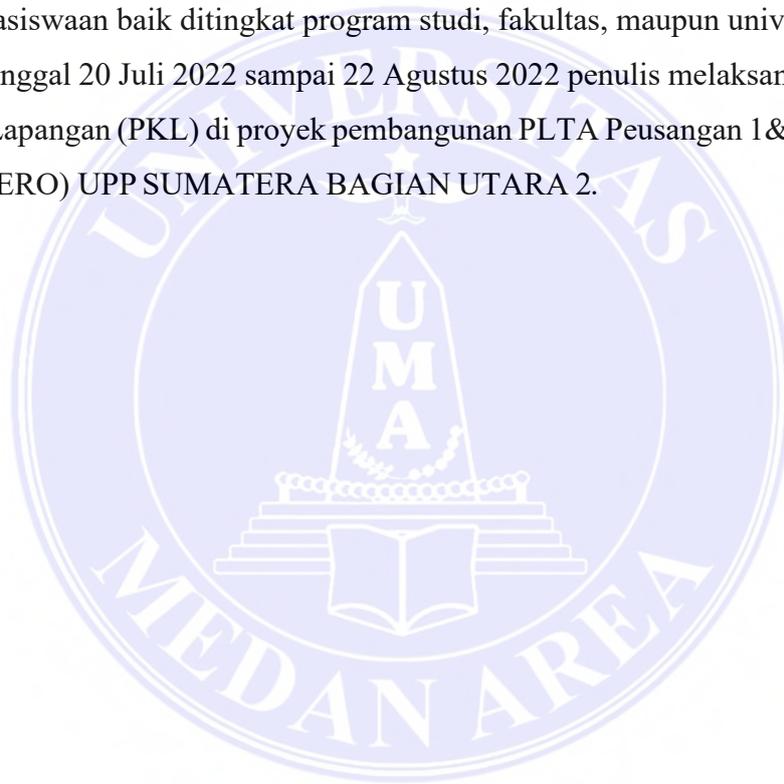
RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Belawan pada tanggal 23 November 2000 dari pasangan Maurus Gultom dan Derma Pardede, penulis merupakan anak ke-4 dari enam bersaudara.

Tahun 2018 Penulis lulus dari SMK Negeri 13 Medan dan pada tahun 2019 penulis mendaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area jurusan Teknik Elektro.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis ikut terlibat dalam ajang karya ilmiah tingkat mahasiswa dan juga aktif dalam beberapa organisasi kemahasiswaan baik ditingkat program studi, fakultas, maupun universitas.

Pada tanggal 20 Juli 2022 sampai 22 Agustus 2022 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di proyek pembangunan PLTA Peusangan 1&2 di PT. PLN (PERSERO) UPP SUMATERA BAGIAN UTARA 2.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Mahas Esa atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Pembuatan alat ini berjudul "ANALISIS EFISIENSI ENERGI PADA KENDARAAN SEPEDA LISTRIK"

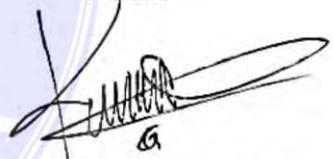
Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa materi, moral dan spiritual. Selayaknya Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng Supratno, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Habib Satria, M.T., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
4. Bapak M. Fadlan Siregar, S.T., M.T., IPM selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, memberikan saran, kritik, bimbingan, pengarahan yang membangun dalam penyusunan proposal ini.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Staff Pegawai di Fakultas Teknik Elektro Universitas Medan Area.
6. Ucapan terima kasih saya yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua saya, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta doa yang tiada henti untuk penulis.
7. Teman-teman dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih. Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas skripsi ini.

Penulis berharap tugas skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Penulis



(Kabul Herianto Gultom)

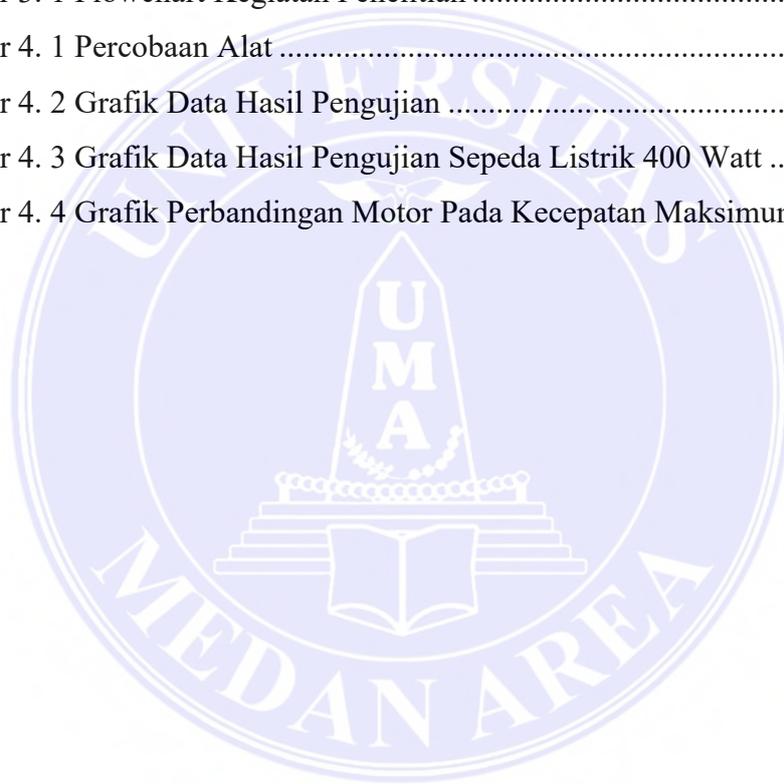
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematik Penulisan.....	2
BAB I TINJAUAN PUSTAKA I.....	4
2.1. Sepeda Listrik.....	4
2.2. Motor Listrik	9
2.3. BLDC Motor	10
2.4. Konversi Energi Listrik	11
2.5. Efisiensi	11
2.6. Efisiensi Energi Kendaraan Listrik	13
2.7. Baterai	15
2.8. Jenis-Jenis Baterai	16
2.9. Sistem Kelistrikan Sepeda Listrik	20
2.10. Proses Pengisian Baterai	21

2.11. Arus Listrik.....	22
2.12. Tegangan Listrik.....	23
2.13. Kecepatan	23
2.14. Beban.....	24
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Waktu dan Tempat penelitian.....	25
3.2. Bahan dan Alat	26
3.3. Jenis Data	26
3.4. Teknik Pengumpulan Data	26
3.5. Teknik Analisa Data	27
3.6. Metode Penelitian.....	27
3.7. Blok Diagram	30
3.8. Simulasi Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1. Kesimpulan.....	38
5.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sepeda Listrik.....	5
Gambar 2. 2 Komponen Motor Hub	7
Gambar 2. 3 Mid-Drive Motor.....	9
Gambar 2. 4 Motor Listrik	10
Gambar 2. 5 Segitiga Konversi Energi	11
Gambar 2. 6 Baterai Listrik.....	15
Gambar 2. 7 Kelistrikan Sepeda Listrik.....	21
Gambar 3. 1 Flowchart Kegiatan Penelitian	28
Gambar 4. 1 Percobaan Alat	32
Gambar 4. 2 Grafik Data Hasil Pengujian	34
Gambar 4. 3 Grafik Data Hasil Pengujian Sepeda Listrik 400 Watt	36
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Motor Pada Kecepatan Maksimum.....	37



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Percobaan Sepeda Listrik dengan Daya 500 Watt.....	33
Tabel 4. 2 Data Efisiensi Sepeda Listrik 500 Watt	34
Tabel 4. 3 Data Percobaan Sepeda Listrik dengan Motor 400 Watt.....	35
Tabel 4. 4 Data Efisiensi Sepeda Listrik 400 Watt	35



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim menjadi salah satu fokus masalah dunia pada saat ini. Dalam beberapa tahun terakhir, kendaraan bertenaga listrik menjadi sorotan utama dalam upaya mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan meminimalkan dampaknya terhadap lingkungan. Sepeda listrik muncul sebagai solusi transportasi yang ramah lingkungan, praktis dan ekonomis. Namun seperti kendaraan listrik lainnya, tantangan utama yang dihadapi oleh sepeda listrik adalah efisiensi penggunaan energi yang secara langsung terkait dengan kinerja sistem penggerakannya. Baterai sebagai sumber daya utama, motor listrik sebagai komponen penggerak, dan efisiensi keseluruhan sistem menjadi fokus dalam analisis ini. Penggunaan baterai dalam sepeda listrik menjadi bagian utama dari desain dan performa kendaraan. Namun, masih ada tantangan dalam memastikan baterai memberikan daya yang optimal sekaligus ringan dan hemat ruang. Sementara itu, motor listrik juga berperan penting dalam mengonversi energi listrik menjadi gerakan pada sepeda listrik. Efisiensi motor, kontrol daya yang tepat, dan minimisasi kehilangan energi menjadi fokus pengembangan teknologi transportasi listrik saat ini. Sementara efisiensi keseluruhan sistem, termasuk transmisi dan penggunaan energi terbarukan dalam pengisian baterai, juga menjadi aspek penting dalam upaya meningkatkan kinerja sepeda listrik (Satria, 2017).

Efisiensi motor listrik, dan penggunaan energi terbarukan dalam kendaraan listrik merupakan langkah penting dalam menghadapi tantangan energi dan lingkungan global. Menganalisis efisiensi energi pada sistem penggerak sepeda

listrik akan memainkan peran penting dalam mengarahkan inovasi menuju mobilitas yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menghitung efisiensi penggunaan energi listrik pada sepeda listrik?
2. Apa saja variabel yang mempengaruhi efisiensi penggunaan energi listrik pada sepeda listrik?
3. Bagaimana meningkatkan efisiensi energi dari hasil penelitian yang dilakukan.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa efisiensi penggunaan energi listrik pada sepeda listrik
2. Menguji penggunaan daya pada variasi kecepatan sepeda listrik
3. Identifikasi faktor yang mempengaruhi efisiensi daya pada sepeda listrik

1.4. Batasan Masalah

1. Baterai listrik yang digunakan adalah baterai Lithium Ion.
2. Penggunaan beban pengemudi seberat 60 kg
3. Aplikasi simulasi pengumpulan data uji sepeda listrik

1.5. Manfaat Penelitian

1. Optimisasi penggunaan energi listrik pada sepeda listrik
2. Memberikan wawasan dan pengetahuan bagi penulis dan pembaca khususnya tentang efisiensi energi dan optimasi penggunaan energi listrik

1.6. Sistematik Penulisan

Sistematik penulisan pada masing-masing bab adalah sebagai berikut.

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang pembuatan laporan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematik penulisan.

2. BAB II TEORI PENUNJANG

Bab ini berisi landasan teori berupa konsep dasar dalam penyusunan alat dan laporan sehingga menghasilkan karya yang bernilai ilmiah dan memiliki daya guna.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode penelitian alat yang digunakan, yang meliputi bagaimana cara pengambilan data.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penyajian hasil pengujian alat serta pembahasan

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang simpulan dan saran dari pembuatan alat dan laporan sebagai upaya untuk perbaikan kedepan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sepeda Listrik

Sepeda listrik, dikenal juga sebagai *e-bike* atau *powerbike*, adalah sepeda yang dilengkapi dengan motor listrik sebagai alat bantu gerak. Perbedaan utama antara sepeda listrik dan sepeda motor listrik terletak pada penggunaan pedal; sepeda listrik tetap dilengkapi dengan pedal yang dapat digunakan untuk menggerakkan sepeda, sementara sepeda motor listrik hanya mengandalkan motor listrik sebagai sumber daya utamanya. Sepeda listrik menggunakan baterai isi ulang sebagai sumber tenaga motor listriknya. Adanya motor listrik membantu mengurangi kelelahan saat bersepeda, sehingga sepeda ini diminati oleh berbagai kalangan, termasuk orang dengan keterbatasan fisik dan lansia.

Sepeda listrik dapat mencapai kecepatan antara 25 hingga 35 km/jam untuk variasi yang lebih ringan, tergantung pada regulasi setempat, sementara model yang lebih bertenaga sering kali dapat mencapai kecepatan lebih dari 45 km/jam. Di beberapa tempat, sepeda listrik meraih popularitas dan mengambil sebagian pangsa pasar dari sepeda konvensional, sedangkan di pasar lain seperti Tiongkok hingga tahun 2010, sepeda listrik menggantikan sepeda motor bertenaga bahan bakar fosil dan moped kecil. Banyak sepeda listrik tergantung pada regulasi setempat, diklasifikasikan secara hukum sebagai sepeda daripada *moped* atau sepeda motor. Hal ini menyebabkan sepeda listrik terbebas dari regulasi yang lebih ketat terkait sertifikasi dan operasional kendaraan roda dua yang lebih kuat yang umumnya dikategorikan sebagai sepeda motor listrik. Pengaturan terpisah dan perlakuan

hukum yang berbeda untuk sepeda listrik juga dapat diterapkan sesuai dengan undang-undang yang berlaku. Sepeda listrik juga menggunakan baterai lithium-ion yang dapat diisi ulang sebagai sumber daya utama mereka. Baterai lithium-ion ringan, efisien, dan menawarkan akselerasi cepat, pemeliharaan yang lebih rendah, tingkat pembuangan tinggi, dan kemampuan pengisian cepat. Baterai adalah komponen penting dari *e-bike*, kapasitas, tegangan, ukuran, berat, waktu pengisian, dan umur total baterai adalah faktor penting yang harus dipertimbangkan saat memilih *e-bike*.

Dalam hal penggunaan, sepeda listrik dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti berkendara, kebugaran, dan rekreasi. Tenaga sepeda listrik melalui motor listrik yang dilengkapi dengan pengayuh atau pedal, memungkinkan untuk mendaki bukit dengan lebih mudah dan mencapai kecepatan lebih tinggi dengan lebih sedikit usaha fisik. Beberapa *e-bike* juga menawarkan fitur *throttling* yang memungkinkan pengendara untuk melewati pengayuhannya sama sekali dan menggunakan *throttle*.



Gambar 2. 1 Sepeda Listrik

2.2. Sepeda Listrik Tipe Hub Motor

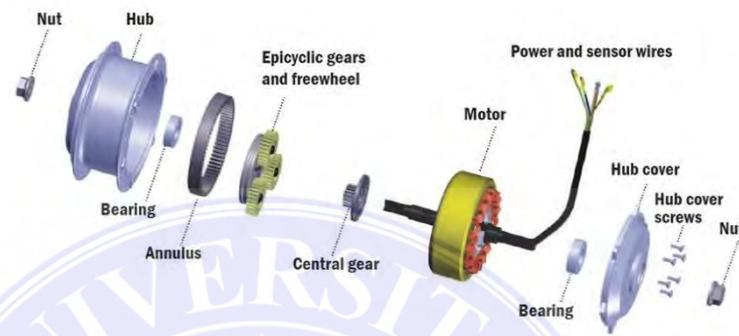
Motor hub terintegrasi langsung ke salah satu hub roda sepeda, baik roda depan atau belakang. Motor hub memiliki desain sederhana yang mandiri yang tidak memerlukan perubahan pada rantai penggerak. Motor hub tersedia dalam desain bermata gigi atau tanpa gigi. Motor hub depan menawarkan pemasangan yang disederhanakan dan pergantian ban yang mudah tetapi dapat mengubah distribusi berat sepeda dan memengaruhi penanganan. Motor hub belakang lebih umum digunakan pada *e-bike* kinerja tinggi dan dikenal karena efisiensinya dan daya keluarnya. Motor hub dapat digunakan dengan sangat baik sebagai penggerak untuk kendaraan listrik atau kendaraan hibrid (Van Schalkwyk and Kamper 2006). Motor hub terdiri dari stator dan rotor, dimana stator berada di hub roda dan rotor berada di dalam roda. Motor hub memiliki efisiensi yang lebih tinggi, tetapi hanya pada kecepatan yang lebih tinggi. Motor hub memiliki beberapa keunggulan, termasuk:

1. Efisiensi yang lebih tinggi pada kecepatan yang lebih tinggi.
2. Tidak memerlukan alat pengubah suhu, seperti alternator, untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik.
3. Mudah dikonfigurasi dan dapat digunakan pada berbagai jenis roda, seperti roda pada sepeda motor, roda pada sepeda listrik, dan roda pada roda gigi.

Hub motors juga memiliki beberapa kekurangan, termasuk:

1. Efisiensi yang lebih rendah pada kecepatan yang lebih rendah.
2. Memerlukan pengaturan kuat untuk mengatur kekuatan magnetnya.
3. Memerlukan pengaturan yang lebih rumit untuk mengatur kecepatan dan torsi.

Motor hub dapat diterapkan pada berbagai jenis kendaraan, seperti sepeda motor listrik, roda gigi, dan sepeda listrik. Namun, penggunaan motor hub pada jenis kendaraan yang berbeda mungkin memerlukan desain dan pengaturan yang berbeda.



Gambar 2. 2 Komponen Motor Hub

2.3. Motor *Mid-Drive*

Motor *mid-drive* ditempatkan di area di mana biasanya ditemukan bracket bawah. Motor ini sangat cocok digunakan untuk sepeda gunung listrik karena bobotnya sentral dan rendah. Motor *mid-drive* dipilih oleh merek seperti *Bosch*, *Shimano*, dan *Fazua*. Mereka menawarkan pengalaman berkendara yang lebih alami dan dapat memberikan torsi lebih besar daripada motor hub. Motor *mid-drive*, juga dikenal sebagai motor tengah atau motor *mid-frame*, adalah motor sepeda listrik yang terletak dekat dengan pedal, biasanya di area di mana *bracket* bawah ditemukan. Memberdayakan *crank* dan mengirimkan gaya melalui *train drive* dengan cara yang sama seperti kaki Anda sendiri akan menggerakkannya dengan bantuan tambahan. Analisis energi menghasilkan bahwa pada beberapa kondisi khusus, konfigurasi sepeda listrik berbasis *mid-drive* menggunakan energi 18% lebih sedikit untuk menyelesaikan tugas yang sama dibandingkan konfigurasi

berbasis hub-drive (Arango, Godoy, and Lopez 2018). Berikut beberapa kelebihan motor *mid-drive*:

1. Kompatibilitas roda gigi: Motor *mid-drive* dapat lebih baik menggunakan gigi sepeda, yang membantu meningkatkan efisiensi dan meningkatkan kinerja.
2. Ringan dan efisien: Motor *mid-drive* umumnya lebih kecil dan ringan daripada motor hub, membuat sepeda lebih cepat dan lebih mudah untuk dikendalikan.
3. Perawatan ban yang mudah: Mengganti ban pada sepeda listrik dengan motor *mid-drive* jauh lebih mudah, karena Anda tidak perlu berurusan dengan motor hub yang berat.
4. Torsi dan daya yang lebih baik: Motor *mid-drive* menawarkan kinerja yang lebih baik saat mendaki bukit, karena mereka dapat memberikan lebih banyak torsi dan daya melalui *train drive*.
5. Tenaga yang halus dan konsisten: Motor *mid-drive* dapat mempertahankan "rasa" *non-e-bike*, yang lebih alami dan intuitif bagi beberapa pengendara.

Sedangkan kekurangan motor *mid-drive* sebagai berikut:

1. Kompleksitas dan biaya: Motor *mid-drive* bisa lebih mahal dan rumit untuk dipasang dan dirawat dibandingkan dengan motor hub.
2. Berat pada sistem drive: Motor *mid-drive* bisa keras atau terasa berat pada sistem drive, yang merupakan titik kegagalan utama.
3. Penggeseran gigi yang terbatas: Motor *mid-drive* memerlukan sepeda bergerak untuk bisa bergeser.

Secara ringkas, motor *mid-drive* menawarkan kompatibilitas roda gigi yang lebih baik, desain yang ringan dan efisien, dan kinerja yang lebih baik di medan yang menantang, tetapi bisa lebih mahal dan kompleks untuk dipasang dan dirawat. Mereka sering lebih disukai untuk *off-road* dan bersepeda gunung, di mana kekuatan dan kontrol sangat penting, tetapi mungkin tidak sesuai untuk bersepeda sehari-hari atau di perkotaan.



Gambar 2. 3 *Mid-Drive Motor*

2.2. Motor Listrik

Motor listrik adalah komponen utama yang mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis yang mendorong kendaraan. Ada beberapa jenis motor listrik yang digunakan dalam kendaraan listrik, seperti motor AC (arus bolak-balik) atau motor DC (arus searah). Prinsip kerja umumnya adalah bahwa arus listrik dialirkan melalui gulungan kawat dalam medan magnet, menghasilkan gaya yang mendorong rotor, dan akhirnya menghasilkan gerakan pada poros motor (Jatmiko, 2018). Pada sepeda listrik umumnya menggunakan motor listrik BLDC atau *brushless DC motor*. Motor jenis ini memiliki keunggulan seperti efisiensi yang tinggi, umur pakai lebih panjang, ukuran dan berat yang lebih ringan, kontrol yang lebih baik, dan kinerja yang lebih baik. Motor ini memiliki sedikit atau bahkan tidak ada gesekan internal yang mengurangi kehilangan energi karena gesekan. Ini

membuatnya lebih efisien dan memiliki umur pakai yang lebih panjang dibandingkan dengan motor *brushed*. Stator motor BLDC terdiri dari kumparan, sedangkan rotornya terdiri dari magnet permanen.



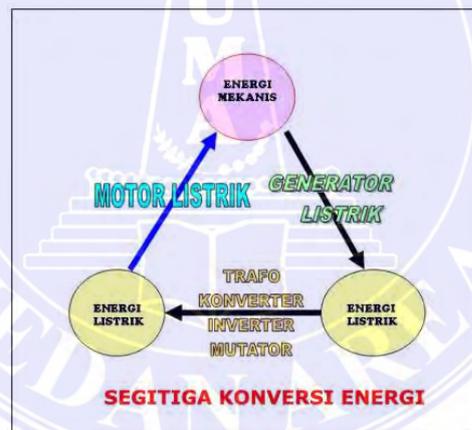
Gambar 2. 4 Motor Listrik

2.3. BLDC Motor

Brushless Direct Current Motor atau disingkat BLDC Motor adalah jenis motor listrik yang tidak menggunakan sikat (*brush*) untuk mengalihkan arus pada rotor. Prinsip kerja Motor BLDC terjadi akibat adanya ggl induksi, terjadinya proses gaya gerak listrik yaitu ketika medan stator dialiri arus listrik yang mengakibatkan adanya gaya tarik menarik antara rotor dan stator dan akan mengakibatkan berputarnya rotor (Sariman and Andrean 2021). Perputaran rotor terjadi karena adanya medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh aliran arus listrik dalam kumparan lilitan. Dalam aliran arus listrik tersebut, hanya dua fase yang menerima arus positif dan negatif, sedangkan salah satu fase berfungsi sebagai arus netral atau nol. Dibandingkan dengan motor DC konvensional, motor BLDC memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dan kecepatan tinggi karena tidak menggunakan sikat sebagai perangkat pergantian. Dibandingkan dengan motor induksi, motor BLDC lebih efisien karena rotornya dan torsi awal yang lebih tinggi dikarenakan rotor terbuat dari magnet permanen

2.4. Konversi Energi Listrik

Ketika baterai pada kendaraan listrik digunakan, energi listrik dikonversi menjadi gerakan mekanis yang mendorong kendaraan. Konversi energi ini terjadi pada motor listrik, dimana energi listrik menciptakan medan magnet yang berubah-ubah sehingga mampu menggerakkan sebuah batang besi yang dinamakan rotor untuk berputar mengikuti perubahan medan magnet (Afif, Ayu, and Pratiwi, 2015). Putaran-putaran rotor tersebut kemudian diteruskan melalui *gear-gear* mekanis, *belting*, lalu sampai kepada roda yang menggerakkan kendaraan. Oleh karena itu tingkat efisiensi konversi ini sangat penting karena setiap kerugian dalam proses konversi akan mengurangi jarak tempuh kendaraan. Konversi energi listrik menjadi gerakan mekanis ini melibatkan motor listrik, inverter, dan transmisi.



Gambar 2. 5 Segitiga Konversi Energi

2.5. Efisiensi

Efisiensi adalah konsep yang mengacu pada penggunaan sumber daya yang optimal dan maksimum dalam menghasilkan hasil yang diinginkan. Efisiensi merupakan perbandingan antara masukan (*input*) dan keluaran (*output*) dalam suatu proses, dengan tujuan untuk mencapai hasil yang optimal dengan menggunakan sumber daya yang terbatas. Efisiensi dapat diartikan sebagai ketepatan cara dalam

melaksanakan suatu usaha atau kerja, dalam menjalankan sesuatunya dengan tidak membuang tenaga, waktu, dan biaya yang besar. Efisiensi juga merupakan kedayagunaan, ketepatangunaan, dan kesangkilan. Konsep efisiensi sendiri memiliki sejarah dalam penemuannya. Konsep efisiensi merupakan cara yang digunakan perusahaan dalam mengelola dan mengoptimalkan sumber daya yang dimilikinya (Muyassaroh 2017). Efisiensi mengacu pada pertimbangan rasional, yang merupakan segala pertimbangan harus berdasarkan akal sehat, masuk akal, dan logis, bukan emosional. Konsep dasar dari efisiensi adalah rasio antara output yang dihasilkan oleh suatu sistem terhadap input yang diperlukan untuk menghasilkan output tersebut. Secara matematis, efisiensi (η) dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta = \frac{\text{Output yang dihasilkan}}{\text{Input yang diperlukan}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Dalam konteks energi, efisiensi sering kali mengacu pada rasio antara energi yang berguna yang dihasilkan oleh suatu sistem (seperti energi kinetik, listrik, atau panas) terhadap energi total yang dikonsumsi oleh sistem tersebut. Penerapan Efisiensi dalam Berbagai Bidang sebagai berikut:

1. Efisiensi Energi

Dalam teknik dan teknologi, efisiensi energi adalah konsep penting yang mengacu pada kemampuan suatu sistem atau perangkat untuk mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lain dengan seefisien mungkin. Contohnya adalah efisiensi mesin, efisiensi baterai, dan efisiensi penggunaan energi dalam proses industri.

2. Efisiensi Operasional

Di bidang bisnis dan manajemen, efisiensi sering kali mengacu pada kemampuan perusahaan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya

seperti tenaga kerja, waktu, dan modal. Manajer terus mencari cara untuk meningkatkan efisiensi operasional agar dapat mencapai tujuan organisasi dengan biaya yang minimal.

3. Efisiensi Ekonomi

Dalam ekonomi, efisiensi mengacu pada alokasi sumber daya yang optimal yang menghasilkan hasil maksimum dengan biaya minimum. Efisiensi ekonomi berhubungan dengan bagaimana pasar dan institusi ekonomi mengatur produksi dan alokasi barang dan jasa.

Perhitungan efisiensi dapat bervariasi tergantung pada konteksnya. Dalam beberapa kasus, efisiensi dapat diukur secara langsung dengan membandingkan output dan input yang terukur secara kuantitatif. Namun, dalam beberapa kasus, efisiensi mungkin lebih sulit diukur dan memerlukan analisis kualitatif yang lebih mendalam.

2.6. Efisiensi Energi Kendaraan Listrik

Efisiensi secara umum mengacu pada seberapa baik suatu sistem atau perangkat mengubah energi yang diberikan ke dalamnya menjadi bentuk energi yang berguna atau diinginkan, dibandingkan dengan seberapa sedikit energi yang hilang atau terbuang dalam proses tersebut. Efisiensi energi pada kendaraan listrik mengacu pada kemampuan kendaraan untuk menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai dengan sebaik-baiknya untuk menggerakkan kendaraan tersebut (Dewadi, 2021). Semakin tinggi tingkat efisiensi penggunaan energi pada kendaraan listrik maka semakin baik sistem tersebut. Konsep efisiensi energi ini mencakup berbagai aspek mulai dari konversi energi listrik menjadi gerakan

kendaraan, efisiensi komponen seperti motor listrik dan sistem penggerak, hingga proses pengisian baterai.

Pada perhitungan efisiensi penggunaan daya pada sepeda listrik, menggunakan rumus berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

η : Efisiensi

P_{out} : Daya keluar (Watt)

P_{in} : Daya masuk (Watt)

Daya listrik adalah jumlah energi listrik yang dikonsumsi atau dihasilkan oleh suatu sistem dalam satu satuan waktu. Daya listrik diukur dalam watt (W), yang merupakan hasil dari produktivitas penggunaan energi listrik. Dalam konteks listrik, daya merujuk pada tingkat aliran energi listrik dalam suatu rangkaian atau perangkat. Rumus umum untuk menghitung daya listrik adalah:

$$P = V \times I \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

P : Daya listrik dalam watt (W).

V : Tegangan listrik dalam volt (V).

I : Arus listrik dalam ampere (A).

Efisiensi tidak dapat mencapai 100% dimana itu merupakan hal yang mustahil, karena pada prosesn perubahan energi ke bentuk energi lainnya memerlukan media-media perantara yang menyebabkan rugi-rugi energi.

2.7. Baterai

Baterai adalah komponen utama dalam sepeda listrik yang menjadi penyuplai energi listrik. Baterai merupakan sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar fosil, bisa dikatakan baterai adalah adalah bahan bakar untuk kendaraan listrik. Baterai menjadi kunci utama performa kendaraan listrik. Baterai Lithium Ion merupakan jenis baterai yang paling banyak digunakan pada peralatan dan kendaraan listrik karena memiliki salah satu kerapatan energi terbaik, tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Baterai *Li-ion* memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan lithium metalik yang dipakai di baterai litium non-isi ulang.. Kerapatan energi menunjukkan jumlah energi yang dapat disediakan oleh baterai berbanding massa atau volume baterai tersebut Sebuah baterai dengan kerapatan energi dua kali baterai lain, secara teoritis mempunyai waktu aktif dua kali lebih lama untuk pemakaian pada beban yang sama, kerapatan energi ditentukan oleh komponen aktif dari beteraai tersebut. Melalui data yang ada kita dapat menghitung potensial dan arus maksimum teoritis sebuah baterai dan arus maksimum yang berbeda lainnya (Fadlan, 2019).



Gambar 2. 6 Baterai Listrik

2.8. Jenis-Jenis Baterai

Baterai merupakan tempat penyimpanan arus listrik yang dapat digunakan saat diperlukan, dimana baterai ini mempunyai dua kutup yang berbeda dan mempunyai beda potensial pada kedua kutupnya, dengan salah satu kutup positif dengan kuat arus semakin kuat arus listriknya, Arus yang melalui resistansi listrik akan menyebabkan panas (Nasution, n.d.). Baterai terbagi menjadi dua jenis, yaitu *single use* dan juga *rechargeable*.

2.5.2. Baterai Sekali Pakai

Baterai *single use* atau sekali pakai ini merupakan baterai yang paling sering ditemukan di pasaran, hampir semua toko dan supermarket menjualnya. Hal ini dikarenakan penggunaannya yang luas dengan harga yang lebih terjangkau. Baterai jenis ini pada umumnya memberikan tegangan 1,5 Volt dan terdiri dari berbagai jenis ukuran seperti AAA (sangat kecil), AA (kecil) dan C (medium) dan D (besar). Disamping itu, terdapat juga Baterai Primer (sekali pakai) yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 Volt ataupun 9 Volt. Untuk baterai jenis ini terbagi lagi menjadi beberapa jenis yang berbeda, antara lain:

- **Baterai Zinc-Carbon**

Baterai Zinc-Carbon juga disering disebut dengan Baterai “Heavy Duty” yang sering kita jumpai di toko-toko ataupun Supermarket. Baterai jenis ini terdiri dari bahan Zinc yang berfungsi sebagai Terminal Negatif dan juga sebagai pembungkus Baterainya. Sedangkan Terminal Positifnya adalah terbuat dari Karbon yang berbentuk Batang (rod). Baterai jenis Zinc-

Carbon merupakan jenis baterai yang relatif murah dibandingkan dengan jenis lainnya.

- **Baterai Alkaline (Alkali)**

Baterai Alkaline ini memiliki daya tahan yang lebih lama dengan harga yang lebih mahal dibanding dengan Baterai Zinc-Carbon. Elektrolit yang digunakannya adalah Potassium hydroxide yang merupakan Zat Alkali (Alkaline) sehingga namanya juga disebut dengan Baterai Alkaline. Saat ini, banyak Baterai yang menggunakan Alkaline sebagai Elektrolit, tetapi mereka menggunakan bahan aktif lainnya sebagai Elektrodanya.

- **Baterai Lithium**

Baterai Primer Lithium menawarkan kinerja yang lebih baik dibanding jenis-jenis Baterai Primer (sekali pakai) lainnya. Baterai Lithium dapat disimpan lebih dari 10 tahun dan dapat bekerja pada suhu yang sangat rendah. Karena keunggulannya tersebut, Baterai jenis Lithium ini sering digunakan untuk aplikasi Memory Backup pada Mikrokomputer maupun Jam Tangan. Baterai Lithium biasanya dibuat seperti bentuk Uang Logam atau disebut juga dengan Baterai Koin (Coin Battery). Ada juga yang memanggilnya Button Cell atau Baterai Kancing.

- **Baterai Silver Oxide**

Baterai Silver Oxide merupakan jenis baterai yang tergolong mahal dalam harganya. Hal ini dikarenakan tingginya harga Perak (Silver). Baterai Silver Oxide dapat dibuat untuk menghasilkan Energi yang tinggi tetapi dengan bentuk yang relatif kecil dan ringan. Baterai jenis Silver Oxide ini sering dibuat dalam bentuk Baterai Koin (Coin Battery) / Baterai

Kancing (Button Cell). Baterai jenis Silver Oxide ini sering dipergunakan pada Jam Tangan, Kalkulator maupun aplikasi militer.

2.5.2. Baterai Isi Ulang

Baterai rechargeable adalah jenis baterai yang dapat di isi ulang atau Rechargeable Battery. Pada prinsipnya, cara Baterai Sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan Baterai Primer (Purwoto 2018). Hanya saja, reaksi kimia pada Baterai Sekunder ini dapat berbalik (Reversible). Pada saat Baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal Baterai (discharge), Elektron akan mengalir dari Negatif ke Positif. Sedangkan pada saat Sumber Energi Luar (Charger) dihubungkan ke Baterai Sekunder, elektron akan mengalir dari Positif ke Negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai. Jenis-jenis Baterai yang dapat di isi ulang (rechargeable Battery) yang sering kita temukan antara lain seperti Baterai Ni-cd (Nickel-Cadmium), Ni-MH (Nickel-Metal Hydride) dan Li-Ion (Lithium-Ion). Sama halnya seperti baterai single use, baterai rechargeable juga terbagi lagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

- **Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium)**

Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium) adalah jenis baterai sekunder (isi ulang) yang menggunakan Nickel Oxide Hydroxide dan Metallic Cadmium sebagai bahan Elektrolitnya. Baterai Ni-Cd memiliki kemampuan beroperasi dalam jangkauan suhu yang luas dan siklus daya tahan yang lama. Di satu sisi, Baterai Ni-Cd akan melakukan discharge sendiri (self discharge) sekitar 30% per bulan saat tidak digunakan. Baterai Ni-Cd juga mengandung 15% tosik/racun yaitu bahan Carcinogenic Cadmium yang

dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Saat ini, penggunaan dan penjualan Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium) dalam perangkat Portabel Konsumen telah dilarang oleh EU (European Union) berdasarkan peraturan “Directive 2006/66/EC” atau dikenal dengan “*Battery Directive*”.

- **Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride)**

Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride) memiliki keunggulan yang hampir sama dengan Ni-Cd, tetapi baterai Ni-MH mempunyai kapasitas 30% lebih tinggi dibandingkan dengan Baterai Ni-Cd serta tidak memiliki zat berbahaya Cadmium yang dapat merusak lingkungan dan kesehatan manusia. Baterai Ni-MH dapat diisi ulang hingga ratusan kali sehingga dapat menghemat biaya dalam pembelian baterai. Baterai Ni-MH memiliki Self-discharge sekitar 40% setiap bulan jika tidak digunakan. Saat ini Baterai Ni-MH banyak digunakan dalam Kamera dan Radio Komunikasi. Meskipun tidak memiliki zat berbahaya Cadmium, Baterai Ni-MH tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang (recycle) dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat.

- **Baterai Li-Ion (Lithium-Ion)**

Baterai jenis Li-Ion (Lithium-Ion) merupakan jenis Baterai yang paling banyak digunakan pada peralatan Elektronik portabel seperti Digital Kamera, Handphone, Video Kamera ataupun Laptop. Baterai Li-Ion memiliki daya tahan siklus yang tinggi dan juga lebih ringan sekitar 30% serta menyediakan kapasitas yang lebih tinggi sekitar 30% jika

dibandingkan dengan Baterai Ni-MH. Rasio Self-discharge adalah sekitar 20% per bulan. Baterai Li-Ion lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung zat berbahaya Cadmium. Sama seperti Baterai Ni-MH (Nickel- Metal Hydride). Meskipun tidak memiliki zat berbahaya Cadmium, Baterai Li-Ion tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan Lingkungan hidup, s sehingga perlu dilakukan daur ulang (recycle) dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat.

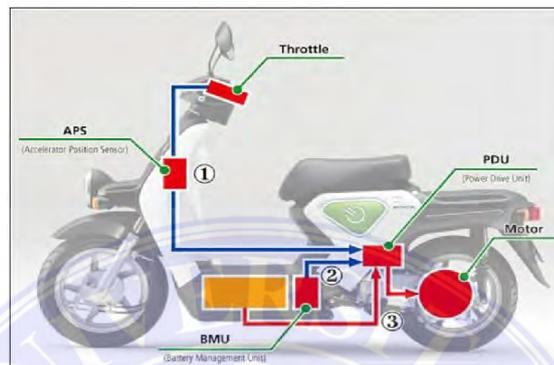
- **Lithium Polymer (LiPo)**

Lithium-Polymer (Li-Po) merupakan pengembangan dari Li-Ion, yang mulai digunakan untuk perangkat elektronik sejak tahun 1996. Biaya pembuatan Li-Po lebih murah dibandingkan Li-Ion, dan lebih tahan terhadap kerusakan fisik. Kapasitas penyimpanan energi Li-Po 20% lebih tinggi dibanding Li-Ion, 300% lebih tinggi dibandingkan daya simpan NiCad dan NiMH. Tetapi karena produksinya belum sebanyak baterai Li-Ion, harga jual dari baterai yang satu ini masih lebih mahal.

2.9. Sistem Kelistrikan Sepeda Listrik

Sistem kelistrikan pada sepeda motor listrik adalah suatu rangkaian komponen yang bertanggung jawab untuk mengelola dan mendistribusikan energi listrik dalam kendaraan tersebut. Sepeda motor listrik umumnya dilengkapi dengan baterai sebagai sumber daya utama, yang menyimpan energi listrik untuk menggerakkan motor listrik dan komponen lainnya (Patriawan, Putra, and Setyono 2021). Sistem kelistrikan juga mencakup kontroler, yang mengatur arus listrik yang masuk ke motor untuk mengontrol kecepatan dan tenaga sepeda motor. Selain itu, terdapat sistem pengisian daya yang berfungsi untuk mengisi ulang baterai saat

sepeda motor sedang tidak digunakan. Sistem kelistrikan sepeda listrik memiliki peran penting dalam peningkatan efisiensi penggunaan energi, karena sistem kelistrikan ini menjadi otak utama sepeda listrik dalam mendistribusikan energi listrik ke setiap komponen yang terdpt pd sepeda listrik.



Gambar 2. 7 Kelistrikan Sepeda Listrik

2.10. Proses Pengisian Baterai

Efisiensi pengisian baterai adalah faktor penting lainnya. Proses pengisian baterai harus efisien agar tidak terjadi kehilangan energi berlebihan saat pengisian. Hal ini melibatkan konversi daya dari sumber pengisian (seperti stasiun pengisian listrik) ke baterai kendaraan listrik. Untuk mengetahui energi yang terpakai selama proses *charging*. Pengaturan pada pengisian baterai sendiri terdapat dua macam yaitu *constant voltage* dan *constant current*. Untuk menaikkan tegangan secara continue dengan waktu yang lebih cepat perlu menggunakan arus yang lebih besar, namun arus tetap konstan nilainya. Penggunaan arus secara konstan ini dilakukan sampai dengan tegangan mencapai batas yang ditetapkan. Hal ini yang disebut sebagai *constant current*. Apabila tegangan telah mencapai batas yang ditentukan. selanjutnya proses pengisian menggunakan metode *constant voltage*, dengan cara menjadikan besaran arus sebagai variabel. Nilai arus akan berubah semakin kecil hingga baterai terisi penuh. pada saat nilai arus berubah semakin kecil, kenaikan

tegangan memiliki waktu yang lebih lama. Besar arus yang digunakan untuk proses charging akan mempengaruhi lama waktu pengisian baterai. Hal ini akan berdampak pada berapa daya dan energi total yang dipakai selama proses pengisian (Kartika Tresya Mauriraya, Nurmiati Pasra 2022)

2.11. Arus Listrik

Perpindahan muatan listrik dikenal dengan nama arus listrik, besarnya diukur dalam ampere. Arus dapat terdiri dari partikel bermuatan apapun yang berpindah; biasanya adalah elektron, tetapi muatan apapun yang berpindah menghasilkan arus. Pada teknik atau aplikasi rumah tangga, arus sering kali dijelaskan dalam arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC). Sebutan ini merujuk pada bagaimana arus bervariasi terhadap waktu. Arus searah, diproduksi sebagai contoh dari baterai dan diperlukan oleh hampir seluruh peralatan elektronik, adalah aliran dari bagian positif sirkuit ke bagian negatif. Aliran ini biasanya dibawa oleh elektron, mereka akan berpindah melalui arah berlawanan. Arus bolak-balik adalah arus yang berbalik arah berulang-ulang; hampir selalu membentuk gelombang sinus. Arus bolak-balik akan bergetar bolak-balik dalam konduktor tanpa muatan berpindah tiap jarak seiring waktu. Nilai waktu rata-rata arus bolak balik adalah nol, tetapi energi akan dikeluarkan pada satu arah, kemudian kebalikannya. Arus bolak-balik dipengaruhi oleh sifat-sifat listrik yang tidak dapat dilihat pada arus searah keadaan tunak, seperti induktansi dan kapasitansi. Sifat-sifat ini menjadi penting ketika rangkaian ditujukan pada respon transien, seperti ketika pertama kali diberi energi. Secara umum, daya dihitung dengan mengalikan tegangan dan arus. Jadi, semakin tinggi tegangan atau arus dalam suatu rangkaian, semakin besar pula daya yang dihasilkan.

2.12. Tegangan Listrik

Perbedaan jumlah elektron yang berada dalam suatu arus listrik disebut beda potensial atau sering juga disebut tegangan (Voltage). Di satu sisi sumber arus listrik terdapat elektron yang bertumpuk sedangkan di sisi yang lain terdapat jumlah elektron yang sedikit. Hal ini terjadi karena adanya gaya magnet yang memengaruhi materi tersebut. Dengan kata lain, sumber tersebut menjadi bertegangan listrik. Jika rangkaian tersebut disentuh oleh materi yang dapat menghantarkan listrik maka aliran elektron tersebut akan mengalir melalui sesuatu yang menyentuhnya. Jika manusia menyentuh benda tersebut maka manusia tersebut akan teraliri listrik pada tubuhnya (tersetrum). Besarnya efek dari aliran listrik tersebut tergantung dari besarnya perbedaan elektron yang terkumpul di suatu materi (beda potensial). Besarnya tegangan juga mempengaruhi nilai daya dalam suatu rangkaian, umumnya tegangan akan dinaikan untuk memperkecil arus.

2.13. Kecepatan

Kecepatan berbanding lurus dengan daya input pada motor listrik, karena yang mempengaruhi pemakaian kapasitas baterai adalah besarnya daya dan beratnya beban pada motor listrik sehingga semakin rendah daya listrik yang dikeluarkan untuk menggerakkan motor listrik dan semakin ringan berat beban yang ada maka penggunaan kapasitas baterai sangat kecil dan ketahanan baterai semakin lama untuk digunakan, sedangkan semakin besar daya listrik yang dikeluarkan untuk menggerakkan motor listrik dan semakin besar berat beban yang ada maka penggunaan kapasitas baterai semakin besar dan ketahanan baterai semakin sebentar. Kecepatan erat kaitannya dengan jarak tempuh, dimana jarak tempuh merupakan hasil perkalian antara kecepatan rata-rata dengan waktu.

2.14. Beban

Sama halnya dengan kecepatan, beban juga memberi pengaruh besar pada daya tempuh dan penggunaan energi listrik pada sepeda listrik. Pada suatu sistem sepeda listrik tentunya ada beban yang optimal untuk dapat mencapai tingkat efisiensi yang paling tinggi. Beban yang dimaksud adalah beban luar atau penumpang, dengan ini bobot kendaraan tidak termasuk kedalamnya.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat penelitian

3.1.1 Tempat penelitian

Penelitian Analisis Efisiensi Energi Pada Kendaraan Sepeda Listrik ini dilakukan di:

Nama Tempat : CV. Angkasa Mobie Tech

Alamat : Jl. Sultan Serdang Dusun II Desa Sena
Batang Kuis, Deli Serdang

3.1.2 Waktu penelitian

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

NO	Kegiatan penelitian	BULAN											
		Januari				Februari							
		1	2	3	4	3	4	5	6				
1	Studi Literatur												
2	Pengumpulan Alat dan Bahan												
3	Perancangan Alat												
4	Pengumpulan Data												
5	Analisa Data												
6	Penulisan Laporan												

3.2. Bahan dan Alat

Kebutuhan perangkat yang penulis gunakan di dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Bahan dan Alat Penelitian

No	Komponen	Spesifikasi	Satuan
1	Sepeda Listrik	500 Watt	1 unit
2	Voltmeter	Digital	1 unit
3	Amperemeter	Digital	1 unit
4	Stopwatch	Digital	1 unit

3.3. Jenis Data

Data Primer

Data Primer adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data yang di ambil secara langsung dilapangan.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

3.4.1 Observasi

Observasi merupakan sebuah teknik yang dilakukan lewat pengamatan langsung pada penelitian yang dilakukan dan data yang diperoleh merupakan hasil pengujian langsung.

3.4.2 Studi Dokumentasi

Studi Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data dan mempelajari data-data yang diperoleh dari buku-buku, literatur, jurnal, internet dan sumber-sumber lain yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.5. Teknik Analisa Data

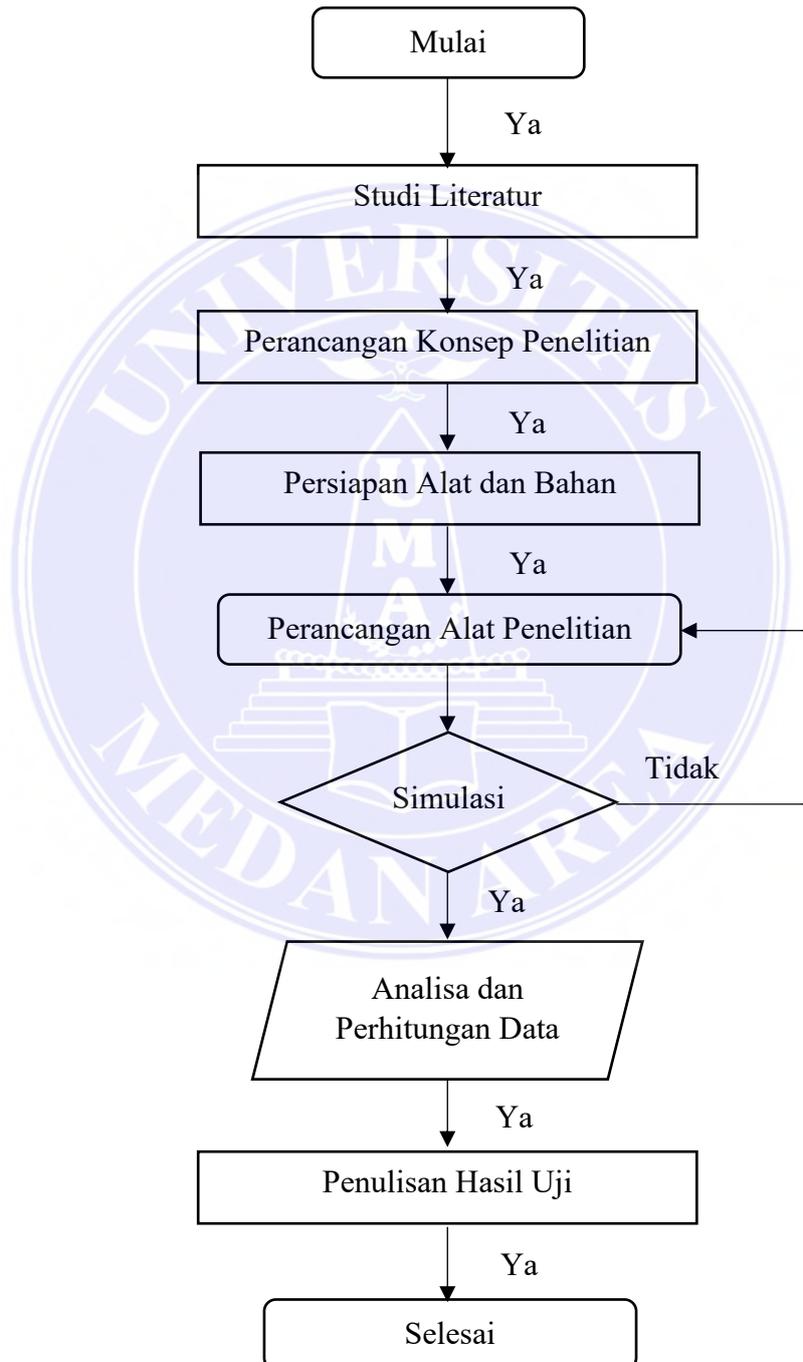
Metode yang sesuai dengan penelitian adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif.

1. Metode deskriptif merupakan cara merumuskan dan menafsirkan data yang ada sehingga memberikan gambaran jelas melalui pengumpulan, penyusunan, penganalisisan data, sehingga dapat diketahui gambaran umum perusahaan yang sedang diteliti.
2. Pendekatan Kuantitatif adalah pendekatan ilmiah yang memandang suatu realitas dapat diklasifikasi, konkret, teramati, dan terukur, hubungan variabelnya bersifat sebab akibat dimana data penelitiannya berupa angka-angka dan analisisnya menggunakan statistik. Data kuantitatif biasanya dikumpulkan melalui survei, kuesioner, eksperimen, atau metode lain yang dapat menghasilkan data numerik. Pendekatan ini sering digunakan untuk menguji hipotesis, menemukan hubungan antar variabel, dan membuat prediksi berbasis data.

3.6. Metode Penelitian

Metode Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk mempermudah dan memperjelas arah penelitian yang akan dilaksanakan. Adapun berikut ini *flowchart* atau kerangka berfikir dalam penelitian yang akan disajikan dalam bentuk blok diagram pada gambar berikut, dimana diagram alir secara umum menjelaskan alur pekerjaan ataupun penelitian yang dilakukan agar penelitian dapat dikerjakan sesuai tahapan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Berdasarkan *flowchart* ini ialah sebagai tahapan yang akan dilakukan oleh peneliti dalam melaksanakan proses penelitian Analisis Efisiensi Energi Pada Kendaraan Sepeda Listrik. Bentuk *flowchart* kegiatan penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah:

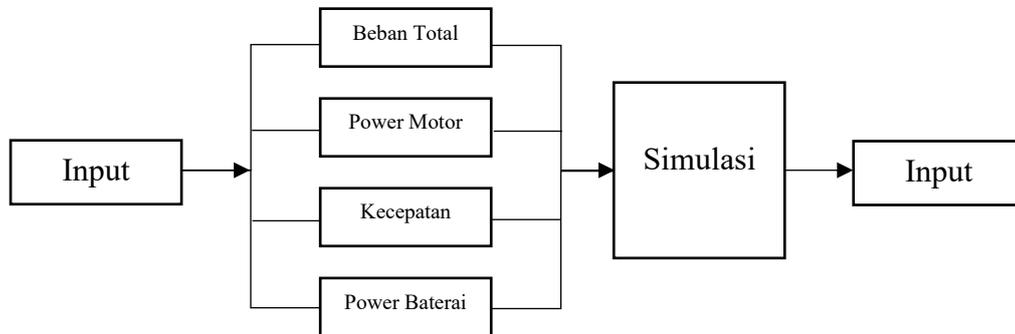


Gambar 3. 1 Flowchart Kegiatan Penelitian

Adapun penjelasan tentang *flowchart* / kerangka berfikir diatas ialah:

1. Mulai, untuk melakukan permulaan mencari referensi dan hal yang terkait penelitian.
2. Studi Literatur serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian.
3. Perancangan Konsep Penelitian melakukan sketsa atau desain penelitian yang akan di persiapkan.
4. Persiapan alat dan bahan merupakan suatu hal yang sangat penting untuk kelancaran dalam merancang alat yang akan di analisis.
5. Memasang alat ukur, kegiatan yang akan mempengaruhi hasil dari pengambil data dalam penelitian ini.
6. Pengujian dan pengumpulan data, merupakan hal yang akan dilakukan untuk melihat masukan dan keluaran nilai yang telah diambil oleh alat yang sudah baik.
7. Analisa data serangkaian kegiatan yang akan menganalisis nilai dari pengumpulan data yang akan berubah-berubah sesuai kondisi yang diteliti.
8. Penulisan Laporan kegiatan yang mendeskripsikan hasil dari analisa data yang merupakan tekstual atau terlampir yang akan di masukan kedalam hasil penelitian yang telah dilakukan.
9. Selesai.

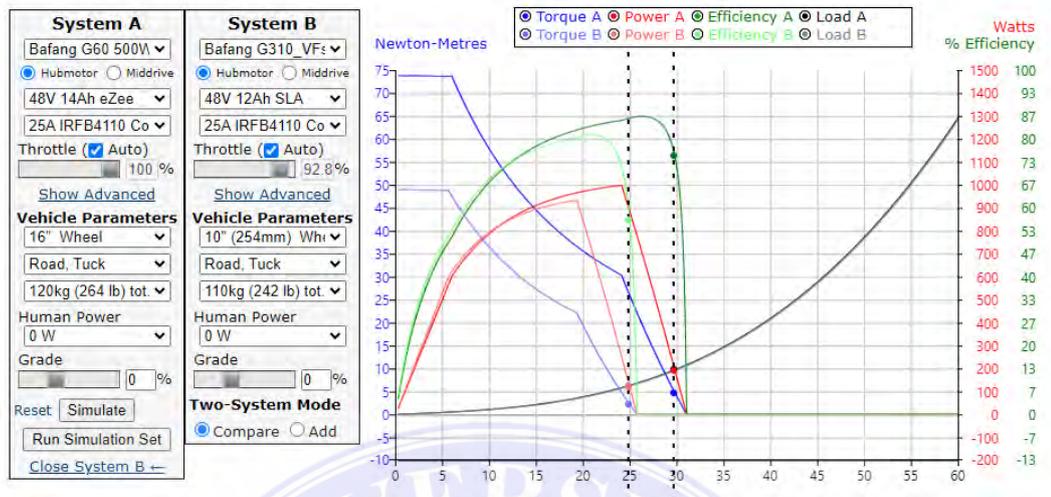
3.7. Blok Diagram



Gambar 3. 2 Blok Diagram

Pada Gambar 3.2 dijelaskan input data melingkupi 4 variabel diantaranya beban total, power motor, kecepatan, dan power baterai. Beban total merupakan berat sepeda listrik dengan pengemudi, dimana ini merupakan beban yang harus diterima sepeda listrik selama penelitian. Power motor adalah daya motor sebagai penggerak utama sepeda listrik yang terhubung langsung ke roda sepeda, daya motor ini menjadi penentu daya angkut, tenaga dan kecepatan sepeda listrik. Power baterai merupakan daya baterai untuk mensuplai daya kepada keseluruhan sistem sepeda listrik terutama kepada motor penggerak, kapasitas daya baterai menentukan jarak tempuh sepeda listrik. Kecepatan merupakan variabel untuk menentukan data penelitian pada sepeda listrik, konsumsi daya, torsi, dan efisiensi yang dihasilkan berbeda tergantung pada kecepatan rata-rata. Setelah melakukan proses input data, data-data tersebut kemudian di simulasikan untuk mendapatkan hasil pengukuran. Simulasi ini merupakan perpaduan rumus-rumus yang berkaitan dengan pemrosesan data penelitian seperti torsi, efisiensi, daya, dan sebagainya. Setelah melewati proses simulasi, output yang dihasilkan merupakan hasil perhitungan antar data-data melalui rumus-rumus yang disimulasikan.

3.8. Simulasi Penelitian



Gambar 3. 3 Simulasi Penelitian

Pada Gambar 3.3 ada 2 perbandingan sepeda listrik antara sistem A dan sistem B, pada kolom ini input data dilakukan seperti beban, daya motor, roda, dan sebagainya. Kemudian grafik disebelah kanan merupakan hasil simulasi dari sistem A dan sistem B pada kecepatan yang diinginkan.

Cara penggunaan simulasi:

1. Kolom sistem A sebagai input data spesifikasi sepeda listrik 1
2. Kolom sistem B sebagai input data spesifikasi sepeda listrik 2, penggunaan 2 sepeda listrik ini menjada pembanding anantara model sepeda yang berbeda untuk mendapatkan data penelitian yang lebih baik
3. Setelah data diinput sesuai yang diinginkan dan melakukan simulasi kemudian kolom disebelah kanan akan menunjukan hasil data dari simulasi.
4. Untuk mendapatkan data pada kecepatan yang berbeda, garis titik-titik vertikal dapat digeser sesuai kecepatan yang diinginkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukannya penelitian dan mendapatkan data hasil pengukuran maka dapat penulis ambil kesimpulan, yaitu:

1. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin cepat sepeda motor melaju, efisiensinya cenderung meningkat.
2. Efisiensi tertinggi terjadi pada sepeda listrik berdaya 500 dengan kecepatan 30 km/jam, yaitu sebesar 75%, sedangkan pada sepeda listrik berdaya 400 watt dengan kecepatan 25 km/jam, yaitu sebesar 56,5 %.
3. Variabel lain yang mempengaruhi nilai efisiensi pada sepeda listrik yaitu spesifikasi sepeda listrik seperti diameter roda dan total berat sepeda listrik.

5.2. Saran

Setelah di selesaikan nya penelitian ini ada beberapa saran yang penulis sampaikan, yaitu:

1. Sistem transmisi sepeda listrik dan distribusi berat sangat berpengaruh pada tingkat efisiensi yang dihasilkan.
2. Lintasan dan penggunaan rem menghasilkan rugi energi/daya sehingga dapat memberi pengaruh pada nilai efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, Muhammad Thowil, Ilham Ayu, and Putri Pratiwi. 2015. "ANALISIS PERBANDINGAN BATERAI LITHIUM-ION , LITHIUM-POLYMER , LEAD ACID DAN NICKEL-METAL HYDRIDE PADA PENGGUNAAN MOBIL LISTRIK - REVIEW" 6 (2): 95–99.
- Arango, Ivan, Andres Godoy, and Carlos Lopez. 2018. "E-Bikes for Steep Roads: Mid Drive and Hub Drive Motor Efficiency Comparison." *International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing* 13 (1): 44–58. <https://doi.org/10.1504/IJVSMT.2018.094587>.
- Dewadi, Fathan Mubina. 2021. "Efisiensi Pada Sepeda Listrik Dengan Dinamo Sepeda Sebagai Generator." *Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat Dan Jejaring* 4 (1): 13. <https://doi.org/10.24167/praxis.v4i1.3215>.
- Fadlan, M, S Tomi, and A . Perancangan Sistem. 2019. "Perancangan Sistem Pengisian Listrik Berulang Secara Otomatis Pada Sepeda Motor Listrik." *Journal of Electrical Technology* 4 (3): 2502–3624.
- Jatmiko, Jatmiko, Abdul Basith, Agus Ulinuha, Muhammad Afan Muhlasin, and Ibnu Shokibul Khak. 2018. "Analisis Peroforma Dan Konsumsi Daya Motor BLDC 350 W Pada Prototipe Mobil Listrik Ababil." *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 18 (2): 55–58. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i2.6348>.
- Kartika Tresya Mauriraya, Nurmiati Pasra, Alex Fernandez dan Christiono. 2022. "ANALISIS KARAKTERISTIK BATERAI LITHIUM-ION PADA KENDARAAN LISTRIK DI INSTITUT TEKNOLOGI PLN." *Prosiding NCIET Vol.3 (2022)* 3: 95–102.
- Muyassaroh, Lathifatul. 2017. "Analisis Efisiensi Inventory Control Bahan Baku Pada Pengusahaan Sutera Alam (Psa) Regaloh Pati." *Undergraduate Thesis, STAIN Kudus*, 13–51.
- Nasution, Muslih. n.d. "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik" 1099: 35–40.
- Patriawan, Desmas Arifianto, Janu Hadi Putra, and Bambang Setyono. 2021. "Analisis Perbandingan Biaya Operasional Antara Kendaraan Listrik , Bensin

Dan Diesel Institut Teknolgi Adhi Tama Surabaya , Fakultas Teknologi Industri ,” *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I*, 128–35. <https://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/viewFile/1681/1444>.

Purwoto, Bambang Hari. 2018. “EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF.” *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 18 (01). <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>.

Sariman, Sariman, and Niko Andrian. 2021. “Analisa Kapasitas Outrunner Motor BLDC Sebagai Penggerak Mini Water Pump Dengan Baterai 12 Volt Dari Sumber Energi Matahari.” *Jurnal Syntax Admiration* 2 (6): 1149–66. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i6.259>.

Satria, Dhimas, Rina Lusiani, Haryadi, Imron Rosyadi, and Ahmad Fauzi. 2017. “Analisa Perhitungan Energi Listrik Pada Sepeda Listrik Hybrid.” *Jurnal Sains Dan Teknologi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa* 11 (1): 9–19.

Schalkwyk, D. J. Van, and M. J. Kamper. 2006. “Effect of Hub Motor Mass on Stability and Comfort of Electric Vehicles.” *2006 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2006*, no. 1. <https://doi.org/10.1109/VPPC.2006.364297>.

Lampiran Dokumentasi Penelitian

