

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan kendaraan listrik meningkatkan kebutuhan akan sistem kendaraan yang lebih hemat energi dan dapat dinilai melalui pengujian secara langsung [1]. Berbeda dengan kendaraan konvensional, energi pada kendaraan listrik dibatasi oleh kapasitas baterai, sehingga konsumsi daya total kendaraan tidak hanya ditentukan oleh motor traksi, tetapi juga oleh berbagai subsistem pendukung (*auxiliary loads*) yang bekerja selama operasi [2]. Kondisi ini menjadi lebih krusial pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) yang umumnya memiliki ukuran, daya penggerak, serta kapasitas energi yang lebih kecil dibanding kendaraan listrik penumpang pada umumnya [3]. Dengan kapasitas energi yang relatif terbatas, perubahan konsumsi daya pada subsistem tertentu dapat memberikan dampak yang lebih terasa terhadap efisiensi operasional dan perencanaan energi kendaraan [2]. Pada konteks pengembangan prototipe dan penelitian, ketersediaan MEVi di lingkungan BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) membuka peluang strategis untuk melakukan studi berbasis data nyata untuk mendukung pengambilan keputusan teknis dalam pengembangan kendaraan.

Salah satu subsistem pendukung yang penting dari sisi keselamatan dan kenyamanan kendali adalah *Electric Power Steering* (EPS) [4]. EPS berfungsi memberikan *assist* torsi kemudi menggunakan motor listrik dan sistem kontrol/*driver* sehingga pengemudi dapat bermanuver dengan lebih ringan dan responsif [5]. Namun, karakteristik utama EPS adalah konsumsi dayanya bersifat dinamis daya meningkat saat sistem memberikan *assist* dan menurun saat kendaraan bergerak lurus atau ketika kebutuhan *assist* kecil [6]. Pada kendaraan listrik, termasuk MEVi, konsumsi daya EPS dapat menjadi kontribusi beban listrik yang tidak dapat diabaikan, khususnya pada skenario operasi yang dominan manuver [3]. Oleh karena itu, pemahaman mengenai karakteristik konsumsi daya EPS menjadi penting untuk menilai kebutuhan energi secara lebih akurat dan mendukung desain serta pengoperasian kendaraan yang efisien tanpa mengurangi performa kendali.

Konsumsi daya EPS dipengaruhi oleh besar resistansi kemudi yang harus dilawan dan seberapa cepat *assist* dibutuhkan [7]. Pada penelitian ini, pembebanan dinamis didefinisikan sebagai variasi kondisi operasi yang secara sistematis mengubah resistansi kemudi serta tuntutan *assist* EPS, mencakup variasi kecepatan kendaraan, beban kendaraan, tekanan ban, putaran *steer*, serta tanjakan dan turunan jalan. Perubahan parameter tersebut memengaruhi interaksi ban jalan dan distribusi, dan memengaruhi torsi kemudi yang diperlukan [8]. Kenaikan torsi kemudi umumnya disertai peningkatan kebutuhan *assist* motor EPS, yang terdapat pada kenaikan arus dan menaikkan daya listrik yang dikonsumsi [7]. Dengan demikian, untuk memperoleh gambaran yang realistis dan aplikatif, studi konsumsi daya EPS perlu dilakukan pada variasi kondisi operasi yang merepresentasikan kondisi nyata, bukan hanya pada satu kondisi statis.

Meskipun EPS merupakan subsistem penting, evaluasi konsumsi dayanya sering kali tidak menjadi fokus utama dibandingkan konsumsi daya penggerak (motor traksi) [7]. Akibatnya, data konsumsi daya EPS pada kendaraan berplatform mikro seperti MEVi khususnya pada variasi kondisi operasi yang beragam sering belum terdokumentasi secara detail [9]. Tanpa adanya pemetaan karakteristik konsumsi daya yang sistematis, pengembangan kendaraan berisiko menghadapi ketidakpastian dalam perhitungan kebutuhan energi total, estimasi jarak tempuh, serta perancangan strategi manajemen energi [7] [9]. Selain itu, ketiadaan data hasil pengujian menyulitkan proses optimasi, seperti penentuan parameter kontrol EPS, evaluasi kebutuhan asistensi pada kondisi lintasan tertentu, serta perumusan rekomendasi teknis terkait tekanan ban dan beban operasi agar konsumsi energi tetap efisien [7]. Dengan adanya MEVi yang tersedia di BRIN, terdapat peluang untuk menghasilkan data eksperimental dan analisis yang relevan sebagai dasar pengembangan lebih lanjut.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik konsumsi daya *Electric Power Steering* pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) melalui pengujian pembebanan dinamis. Pengujian dirancang mencakup variasi kecepatan, beban kendaraan, tekanan ban, tekstur dan kondisi lintasan, putaran *steer*, serta tanjakan dan turunan guna memperoleh gambaran menyeluruh

mengenai perubahan konsumsi daya EPS pada berbagai skenario operasi. Data konsumsi daya dianalisis untuk menghasilkan peta karakteristik (*characteristic map*) dan model perancangan *sizing* baterai EPS.

1.2 Kajian Terdahulu

Kajian terdahulu disusun berdasarkan penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai acuan. Tabel 1.1 merupakan referensi jurnal berisi ringkasan penelitian terdahulu terkait karakteristik konsumsi daya pada *Electrical Power steering* (EPS).

Tabel 1. 1 Kajian terdahulu.

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
1	<i>Analysis of Power Consumption for Electrical Motor on Automatic Micro Electric vehicle (MEVi)</i>	Adi Waskito, Bright Christian, Rendra Dwi Firmasnyah, Muhammad Arifin, Taufik Ibnu Salim, Mulia Pratama, Arifin Nur, Dikdik Krisnandi, Bambang Wahono, Ahmad Dimyani, Yanuandri Putrasari, Budi Prawara, Amir Tjolleng, Muhammad Khristamto Aditya.	2023
2	<i>Study on Control Strategy of Electric Power Steering for Commercial Vehicle Based on Multi-map</i>	Yaohua Ki, Zhengyan Yang, Dengwang Zhai, Jie He, Jikang Fan.	2023
3	<i>Powertrain in Battery electric vehicles (BEVs): Comprehensive Review of Current Technologies and Future Trends Among Automakers</i>	Ernest Ozoemela Ezugwu, Indranil Bhattacharya, Adeloye Ifeoluwa Ayomide, Mary Vinolisha Antony Dhason	2025

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
4	<i>Auxiliary power supply system for Electric Power Steering (EPS) and High-Heat-Resistant Lithium-ion capacitor</i>	Takumi Mio, Yukihiro Komatsubara, Naoki Ohmi, Yusuke Kimoto, Kentaro Lizuka, Tomoki Suganama, Shun Maruyama, Toyoki Sugiyama, Fumihiko Sato, Satoshi Shinoda, Tokuaki Hibino, Koji Nishi.	2021

Penelitian terdahulu yang relevan menunjukkan beberapa fokus kajian terkait *Micro Electric vehicle* (MEVi) dan *sistem Electric Power Steering* (EPS). Penelitian [10] menganalisis konsumsi daya motor listrik pada prototipe *Micro Electric vehicle* (MEVi) berbasis BLDC 750 W dengan sumber baterai Li-ion 48 V, melalui pengujian dua mode kecepatan pada kondisi tanpa beban dan berbeban. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan konsumsi daya yang signifikan antara kondisi *no-load* dan *load*, serta evaluasi efisiensi daya pada setiap pengujian. Namun, penelitian tersebut berfokus pada konsumsi daya motor penggerak dan belum membahas karakteristik konsumsi daya *Electric Power Steering* (EPS) saat kemudi menerima pembebanan dinamis.

Penelitian [5] membahas keterbatasan suplai daya 12 V pada sistem EPS ketika terjadi *stationary steering* atau *abrupt steering*, yaitu saat kebutuhan daya mencapai sekitar 2000 W, sedangkan suplai maksimum sekitar 1400 W. Penelitian ini merancang *auxiliary power supply system* berbasis *Lithium-ion capacitor* dengan mekanisme *charge-discharge* serta kebutuhan energi sekitar 300 J pada satu kejadian *stationary steering* untuk mengatasi kekurangan daya sesaat tersebut. Namun, penelitian tersebut berfokus pada solusi suplai daya puncak untuk mengatasi *power shortage*, bukan pada studi karakteristik konsumsi daya EPS untuk pembebanan dinamis pada kendaraan mikro Sementara itu, penelitian [8]

mengembangkan strategi kendali EPS berbasis *multi-map* dengan menggunakan koefisien adhesi jalan, beban gandar depan, dan kecepatan kendaraan sebagai masukan BP *Neural Network* untuk menentukan *steering resistance torque*, *target assist torque*, dan arus motor, kemudian divalidasi melalui *co-simulation TruckSim–Simulink*. Namun, penelitian tersebut berfokus pada strategi kontrol EPS berbasis pemetaan (*multi-map*) dan validasi berbasis simulasi, sehingga belum memberikan karakteristik konsumsi daya EPS pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) melalui pengujian pembebanan dinamis. Penelitian [11] membahas arsitektur *Battery electric vehicle* (BEV) dan *Energy Management System* (EMS) yang menyuplai berbagai beban *auxiliary*, termasuk sistem kemudi listrik. Namun, penelitian tersebut membahas sistem manajemen energi kendaraan secara umum dan belum mengkaji karakteristik konsumsi daya EPS pada *Micro Electric vehicle* (MEVi).

Perbedaan utama penelitian ini yaitu karakteristik konsumsi daya yang dibahas dan metode pengujian yang digunakan. Penelitian ini menganalisis karakteristik konsumsi daya *Electric Power Steering* (EPS) pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) melalui pengujian pembebanan dinamis. Pengujian dilakukan untuk memperoleh pemetaan karakteristik konsumsi daya EPS pada berbagai kondisi pembebanan kemudi. Hasil pemetaan tersebut dapat digunakan sebagai dasar evaluasi efisiensi sistem kelistrikan MEVi serta acuan pengembangan strategi manajemen energi untuk beban EPS pada kendaraan mikro.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, terdapat beberapa rumusan masalah yang dapat dirumuskan diantaranya:

1. Bagaimana karakteristik konsumsi daya *Electric Power Steering* (EPS) pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) di BRIN ketika dioperasikan dalam berbagai kondisi pembebanan dinamis?
2. Bagaimana rekomendasi teknis pada penentuan kapasitas baterai yang efisien bagi MEVi berdasarkan data hasil analisis data karakteristik pembebanan tersebut?

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur karakteristik konsumsi daya *Electric Power Steering* (EPS) pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) di BRIN melalui pengujian pada berbagai kondisi pembebanan dinamis.
2. Merumuskan rekomendasi teknis penentuan kapasitas baterai yang efisien bagi MEVi berdasarkan data hasil analisis data karakteristik pembebanan tersebut.

1.4.2 Manfaat

Pada penelitian tugas akhir ini, diharapkan diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Memberikan tambahan pengetahuan dan data empiris mengenai karakteristik konsumsi daya *Electric Power Steering* (EPS) pada *Micro Electric vehicle*, sehingga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas sistem kemudi listrik, dinamika kendaraan, atau manajemen daya pada kendaraan listrik.

2. Manfaat Praktis

Menyediakan informasi terukur mengenai pengaruh berbagai kondisi pembebanan terhadap konsumsi daya EPS yang dapat dimanfaatkan oleh BRIN dalam proses perancangan, pengembangan, dan penyempurnaan *Micro Electric vehicle* (MEVi), khususnya pada aspek pemilihan komponen dan perancangan sistem kemudi berbasis Listrik.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terarah dan tidak meluas dari fokus utama, diperlukan batasan-batasan tertentu sehingga ruang lingkup analisis menjadi jelas. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya berfokus pada sistem *Electric Power Steering* (EPS) yang digunakan pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) yang sedang

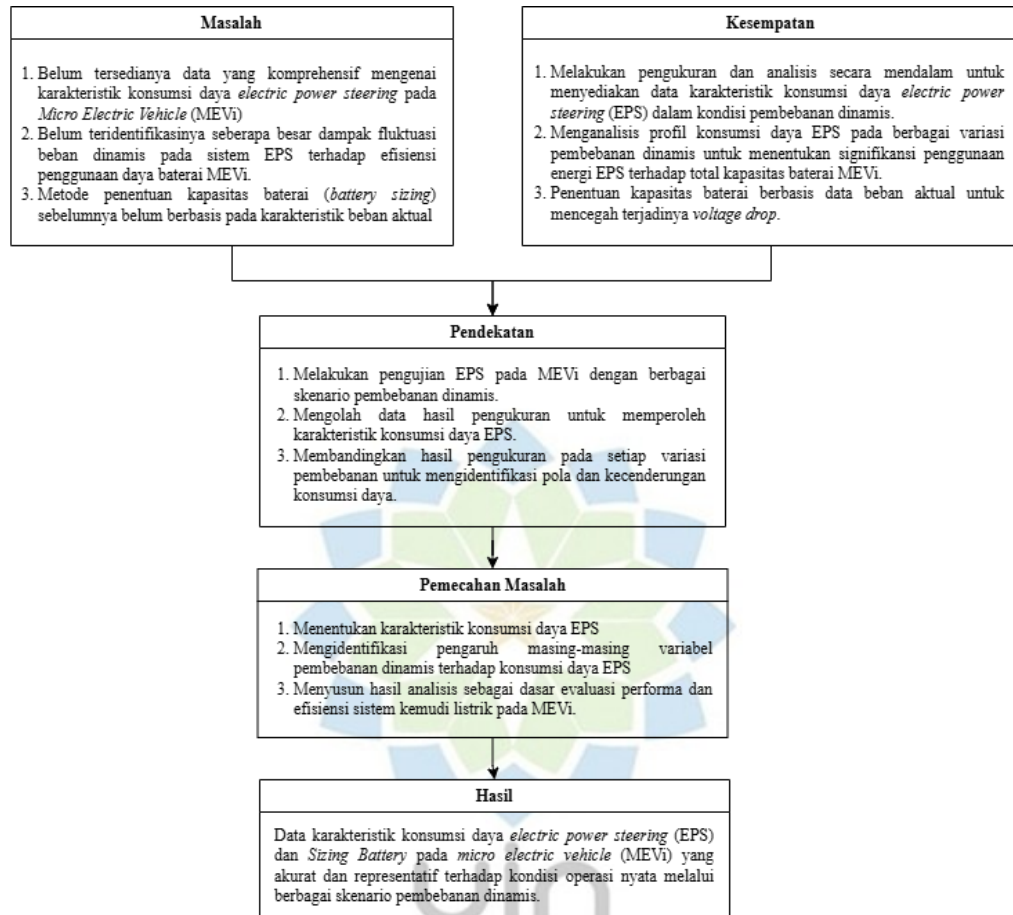
dikembangkan di BRIN, tanpa membahas subsistem kendaraan listrik lainnya seperti sistem propulsi, baterai utama, atau sistem pengereman.

2. Parameter pembebanan dinamis yang dianalisis meliputi variasi kecepatan kendaraan, beban kendaraan, tekanan ban, dan kondisi tanjakan–turunan. Parameter selain itu tidak termasuk dalam cakupan penelitian.
3. Pengukuran dibatasi pada kondisi lintasan kering dan bertekstur beton.
4. Pengukuran yang dilakukan terbatas pada konsumsi daya EPS, termasuk arus, dan tegangan. Pengukuran efek lanjutan seperti kenyamanan berkendara, NVH (*Noise, Vibration, Harshness*), atau usia pakai komponen tidak dibahas dalam penelitian ini.
5. Pengujian dilakukan hanya pada satu unit MEVi prototipe yang tersedia di BRIN, sehingga hasil penelitian tidak dimaksudkan untuk generalisasi seluruh jenis *Micro Electric vehicle*, tetapi sebagai karakterisasi khusus untuk platform yang diteliti.
6. Kondisi pengujian dilakukan pada lingkungan yang terkontrol, baik pada lintasan uji dalam fasilitas BRIN maupun area pengujian yang telah ditentukan. Pengaruh kondisi ekstrem seperti cuaca ekstrem atau medan *off-road* tidak dianalisis.

1.6 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian disusun untuk menggambarkan alur penelitian mulai dari identifikasi permasalahan konsumsi daya *Electric Power Steering* (EPS) pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) hingga diperolehnya karakteristik konsumsi

daya EPS pada kondisi pembebanan dinamis. Gambar 1.1 menunjukkan *flowchart* kerangka berpikir penelitian Tugas Akhir.



Gambar 1. 1 Kerangka berpikir penelitian.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab I berisi latar belakang penelitian, kajian terdahulu, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, kerangka berpikir, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II berisi teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep dasar *Electric Power Steering* (EPS), prinsip kerja motor *Brushless DC* (BLDC), pengaruh

tekanan ban terhadap gaya gesek, karakteristik permukaan jalan, serta penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III menjelaskan tahapan penelitian yang meliputi studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian, dan analisis hasil.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab IV menjelaskan perancangan dan implementasi sistem pada *Micro Electric vehicle* (MEVi) serta prosedur pengujian di lapangan. Bab ini membahas spesifikasi komponen kendaraan, skematik sistem kontrol kemudi menggunakan *dual encoder*, spesifikasi mekanis kendaraan, serta prosedur akuisisi data di Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Samaun Samadikun–BRIN Bandung. Selain itu, dijelaskan pemetaan lintasan pengujian dan penggunaan HIOKI *Clamp logger* sebagai instrumen pengukuran.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab V membahas hasil pengujian, pengolahan data, visualisasi, dan analisis karakteristik konsumsi daya *Electric Power Steering (EPS)*. Analisis dilakukan berdasarkan variasi lintasan, tekanan ban, beban kendaraan, kecepatan, dan sudut kemudi menggunakan Python di Google Colab. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui karakteristik konsumsi daya EPS sebagai dasar perancangan kapasitas baterai (*battery sizing*).

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab VI berisi kesimpulan yang menjawab rumusan masalah penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya terkait sistem *Electric Power Steering (EPS)* pada *Micro Electric vehicle (MEVi)*.