

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian sepeda hibrida dengan berbagai kecepatan operasional dan beban pengemudi sebesar 65 kg. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memahami dampak dari variasi kecepatan terhadap konsumsi arus yang masuk ke sistem motor penggerak. Parameter yang diestimasi di setiap percobaan terdiri dari tegangan baterai pada awal dan akhir, perbedaan tegangan, durasi tempuh, serta arus input ke sistem motor. Pengujian dilaksanakan pada empat tingkat kecepatan, yaitu 10 km/jam, 15 km/jam, 20 km/jam, dan 23 km/jam. Pada setiap tingkat kecepatan, dilakukan pengambilan data sebanyak tiga kali dengan jarak 100 meter.



Gambar 4.1 Hasil modifikasi sepeda manual menjadi sepeda listrik

4.1 Spesifikasi Sepeda Hibrida

Tabel 4.1 Spesifikasi pada sepeda hibrida

Nama Bagian	Jumlah	Material	Spesifikasi
Sepeda	1	Alloy	MTB
Motor Listrik	1	Steel	350 W
Braket	1	Cast Iron	3 mm
Handle gas	1	Acrylonitrile Butadiene Styreme	Ø 2,2 cm
Rantai Motor Listrik	1	Steel	½ inchi
Baterai	1	Lithium-Ion	36 V 5,5 Ah
Charger Baterai	1	Aluminium	36 V 2 A
Lcd	1	Acrylonitrile Butadiene Styreme	40x65x17 mm
Gear 9 T	1	Alloy Steel	9T
Gear 18 T	1	Alloy Steel	18T
Gear 16 T	1	Alloy Steel	16T

4.2 Data Pengujian

Proses pengambilan data penelitian Modifikasi Sepeda Manual Menjadi Sepeda Listrik disajikan dalam bentuk Tabel untuk mempermudah proses perhitungan serta analisis. Hasil pengambilan data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil data rata-rata pengujian sepeda listrik dengan beban pengemudi 65 kg dan jarak 100 meter

Data Rata-Rata Pengujian			
Data ke	Kecepatan (km/jam)	Penurunan Tegangan (V)	Waktu Tempuh (s)
1	10	0,6	36,44
2	15	0,5	24,94
3	20	0,4	18,34
4	23	0,5	15,52

4.3 Pengujian

Berikut merupakan proses dan hasil pengujian sepeda hibrida dengan berat pengemudi 65 kg. Proses pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan variasi kecepatan 10 km/jam, 15 km/jam, 20 km/jam, dan 23 km/jam.

4.3.1 Data Input Current Per Kecepatan

1. Data Hasil Pengujian Kecepatan 10 km/jam

Pada kecepatan 10 km/jam dilakukan pengujian sebanyak tiga kali, perhitungan diawali dengan menentukan kapasitas terpakai (Q) pada percobaan pertama kecepatan 10 km/jam:

$$Q = \frac{\Delta V}{V_{total}} C_{total}$$

$$Q = \frac{0,7}{36} 5,5$$

$$Q = 0,1070 \text{ Ah}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas terpakai (Ah)

ΔV = Selisih tegangan awal dan akhir (V)

V_{total} = Tegangan total baterai (36V)

C_{total} = Kapasitas total baterai (5,5Ah)

Setelah diperoleh nilai Kapasitas terpakai (Q), menghitung arus (I) dari kapasitas yang terpakai dan waktu tempuh percobaan pertama kecepatan 10 km/jam:

Dimana untuk waktu (detik), dikonversikan ke (jam) yaitu:

$$\frac{35,66}{3600} = 0,009905 \text{ jam}$$

Nilai t dalam satuan jam tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam rumus, yaitu:

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = \frac{0,1070}{0,009905}$$

$$I = 10,8 \text{ A}$$

Keterangan :

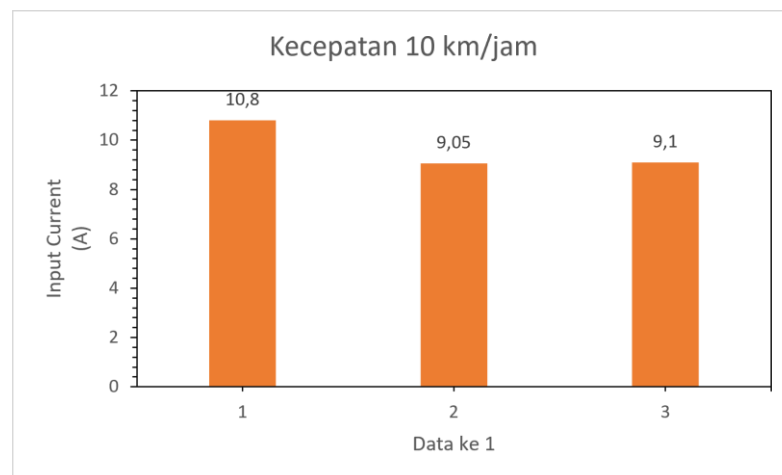
I = Input Current (A)

T = Waktu tempuh (jam)

Untuk perhitungan lainnya dari kapasitas terpakai (Q) dan Arus (I) yang terpakai dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.3 Data hasil perhitungan input current kecepatan 10 km/jam

Data ke	Waktu Tempuh (jam)	Kapasitas Terpakai (Ah)	Input Current (A)
1	0,009905	0,1070	10,8
2	0,010125	0,0916	9,05
3	0,010063	0,0916	9,1



Gambar 4.2 Grafik input current kecepatan 10 km/jam

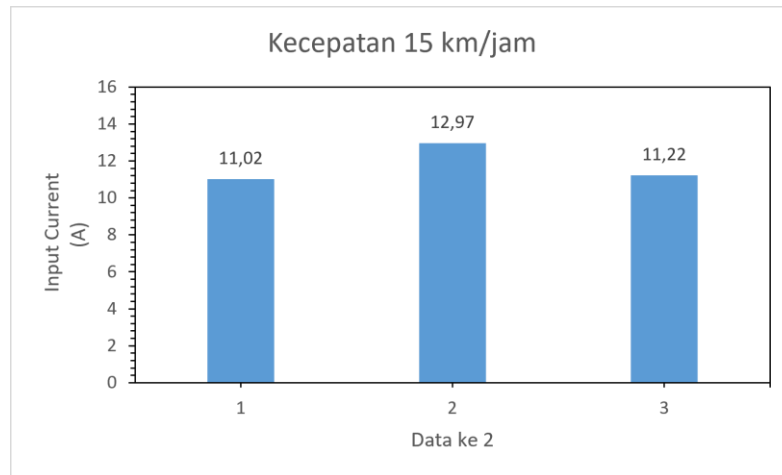
Grafik di atas menggambarkan hasil pengukuran arus masuk pada kecepatan tetap 10 km/jam yang dilakukan dalam tiga kali uji coba. Pada uji coba pertama, nilai arus yang dicatat adalah 10,8 A, namun turun pada uji coba kedua menjadi 9,05 A. Kemudian, pada uji coba ketiga, arus masuk mengalami sedikit kenaikan menjadi 9,1 A. Dari informasi ini, dapat dilihat bahwa arus pada uji coba pertama lebih tinggi jika dibandingkan dengan dua uji coba selanjutnya, sedangkan arus pada uji coba kedua dan ketiga nampak stabil dengan perbedaan yang relatif kecil (sekitar 0,05 A).

Perbedaan nilai arus tersebut menunjukkan bahwa kondisi operasi selama pengujian dapat memengaruhi konsumsi arus motor. Hal ini sejalan dengan (Fariz Hernanto Oktafiandri & Eko Yudiyanto, 2026), yang menyatakan bahwa kondisi operasi, termasuk kecepatan dan beban, dapat memengaruhi konsumsi arus motor pada sepeda listrik.

2. Data Hasil Pengujian Kecepatan 15 km/jam

Tabel 4.4 Data hasil perhitungan input current kecepatan 15 km/jam

Data ke	Waktu Tempuh (jam)	Kapasitas Terpakai (Ah)	Input Current (A)
1	0,006922	0,0763	11,02
2	0,007063	0,0916	12,97
3	0,0068	0,0763	11,22



Gambar 4.3 Grafik input current pada kecepatan 15 km/jam

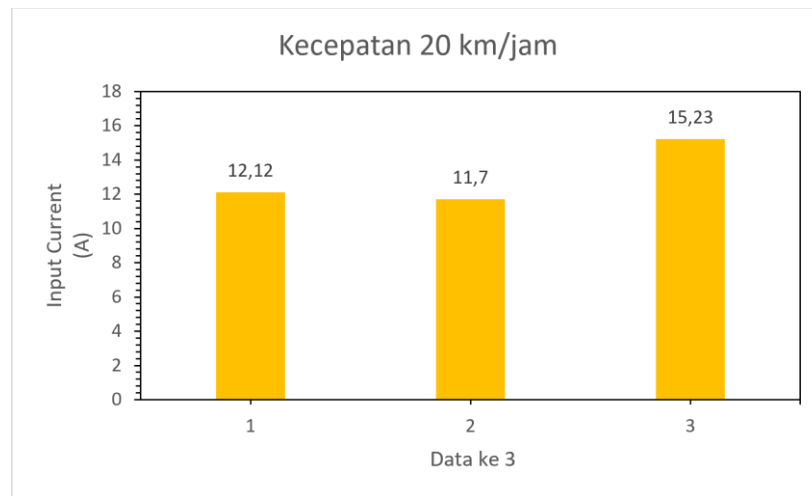
Grafik yang ditampilkan di atas menunjukkan hasil pengukuran arus masukan pada kecepatan tetap 15 km/jam yang dilakukan dalam tiga kali pengujian. Di percobaan pertama, arus masukan yang dicatat adalah 11,02 A, lalu mengalami peningkatan yang cukup besar di percobaan kedua menjadi 12,97 A. Kemudian, pada percobaan ketiga, arus masukan kembali turun ke angka 11,22 A, mendekati data dari percobaan pertama. Berdasarkan hasil tersebut, arus masukan pada percobaan kedua merupakan nilai tertinggi dari ketiga pengujian, dengan selisih sekitar 1,95 A terhadap percobaan ketiga. Perbedaan nilai arus tersebut menunjukkan adanya perubahan konsumsi arus selama pengujian meskipun kecepatan dijaga tetap pada 15 km/jam. Hasil ini sejalan dengan (Fauzi et al., n.d.), yang menjelaskan bahwa peningkatan kecepatan dan pembebanan dapat menyebabkan konsumsi daya motor listrik menjadi lebih tinggi.

3. Data Hasil Pengujian Kecepatan 20 km/jam

Tabel 4.5 Data hasil perhitungan input current kecepatan 20 km/jam

Data ke	Waktu Tempuh (jam)	Kapasitas Terpakai (Ah)	Input Current (A)
1	0,005038	0,0611	12,12

2	0,005222	0,0611	11,7
3	0,005022	0,0763	15,23



Gambar 4.4 Grafik input current pada kecepatan 20 km/jam

Grafik di atas memperlihatkan hasil pengukuran arus masukan pada kecepatan konstan 20 km/jam yang telah dilakukan dalam tiga sesi percobaan. Pada sesi pertama, arus masukan yang tercatat adalah 12,12 A, lalu sedikit turun pada sesi kedua menjadi 11,7 A. Kemudian, pada sesi ketiga, arus masukan mengalami peningkatan yang signifikan menjadi 15,23 A, yang merupakan angka tertinggi di antara ketiga sesi tersebut. Data tersebut menunjukkan bahwa arus masukan pada sesi pertama dan kedua cukup stabil dengan perbedaan kecil (sekitar 0,42 A), sedangkan pada sesi ketiga terdapat peningkatan yang cukup besar, yaitu sekitar 3,1-3,5 A dibandingkan dengan dua sesi sebelumnya.

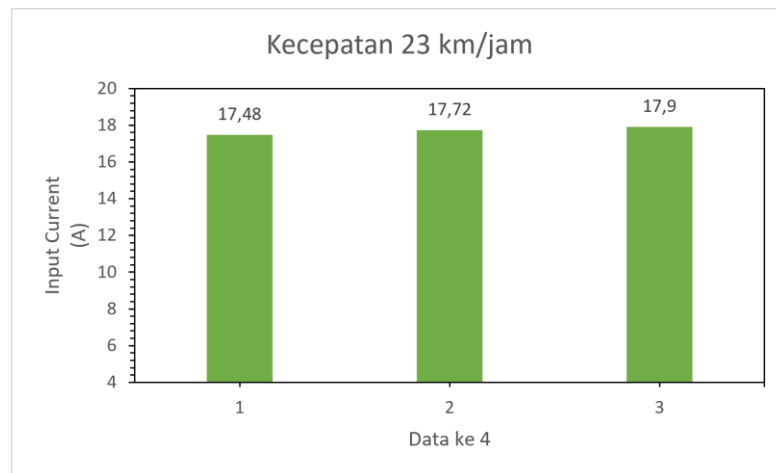
Berdasarkan hasil pengujian tersebut, peningkatan arus menunjukkan adanya perubahan kebutuhan arus motor selama pengujian. Hal ini sejalan dengan penelitian (Fauzi et al., n.d.), yang menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan dapat menyebabkan peningkatan arus motor. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa semakin tinggi kecepatan dan pembebanan, semakin besar kebutuhan arus

pada motor listrik. Dengan demikian, hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan kebutuhan arus motor pada kondisi operasi yang berbeda.

4. Data Hasil Pengujian Kecepatan 23 km/jam

Tabel 4.6 Data hasil perhitungan input current kecepatan 23 km/jam

Data ke	Waktu Tempuh (jam)	Kapasitas Terpakai (Ah)	Input Current (A)
1	0,004363	0,0763	17,48
2	0,004306		17,72
3	0,004263		17,9



Gambar 4.5 Grafik input current pada kecepatan 23 km/jam

Grafik di atas memperlihatkan data pengukuran arus masuk pada laju tetap 23 km/jam yang dilakukan dalam tiga kali uji coba. Pada uji coba pertama, nilai arus yang diperoleh tercatat sebesar 17,48 A, kemudian mengalami sedikit kenaikan pada uji coba kedua menjadi 17,72 A, dan terus bertambah pada uji coba ketiga hingga mencapai 17,9 A. Analisis terhadap data tersebut menunjukkan bahwa arus masuk pada kecepatan 23 km/jam mengalami peningkatan yang stabil dari uji coba pertama ke ketiga, meskipun perbedaannya tergolong kecil (sekitar

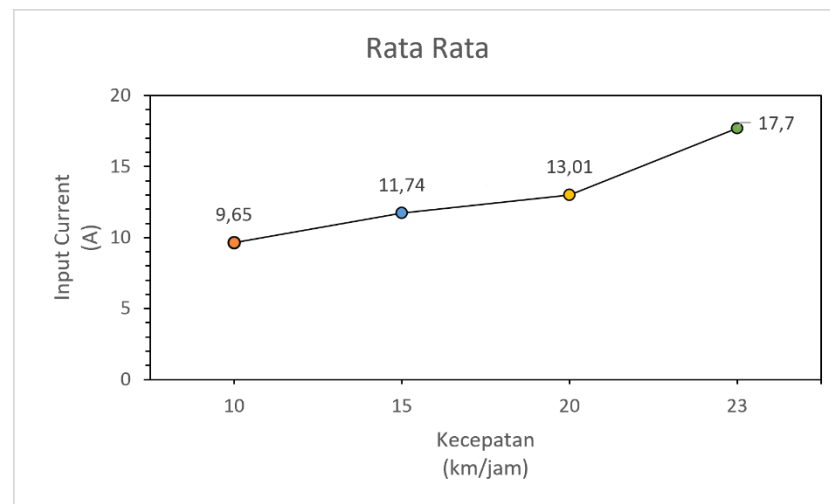
0,18-0,24 A) antara setiap uji coba.

Hal ini sejalan dengan (Bhavsar et al., 2024), yang menunjukkan bahwa pada pengujian kendaraan listrik dengan kecepatan rata-rata 23,1 km/jam diperoleh arus baterai rata-rata sebesar 28,4 A. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa arus baterai merupakan arus keluaran baterai yang juga menjadi arus masukan inverter. Hal ini mendukung hasil penelitian bahwa pada kondisi operasi kendaraan listrik, kebutuhan arus dapat diamati berdasarkan kondisi kecepatan kendaraan.

4.3.2 Hubungan Kecepatan dengan Input Current

Tabel 4.7 Data rata-rata per kecepatan

Kecepatan (km/jam)	Waktu Tempuh (jam)	Kapasitas Terpakai (Ah)	Input Current (A)
10	0,010031	0,0967	9,65
15	0,006928	0,0814	11,74
20	0,005094	0,0661	13,01
23	0,004310	0,0763	17,7



Gambar 4.6 Grafik rata-rata input current

Grafik di atas menunjukkan rata-rata aliran input pada empat tingkat kecepatan, yakni 10, 15, 20, dan 23 km/jam. Pada kecepatan 10 km/jam, arus input

yang terdeteksi adalah 9,65 A, kemudian meningkat menjadi 11,74 A saat mencapai 15 km/jam. Kenaikan ini terus berlanjut pada kecepatan 20 km/jam dengan nilai rata-rata arus 13,01 A, dan mencapai titik tertinggi di 23 km/jam sebesar 17,7 A. Dari pola garis yang ada dalam grafik, terlihat dengan jelas adanya hubungan positif antara kecepatan dan arus input; semakin cepat kecepatan yang diterapkan, semakin besar arus yang dibutuhkan oleh motor untuk mempertahankan kecepatan itu.

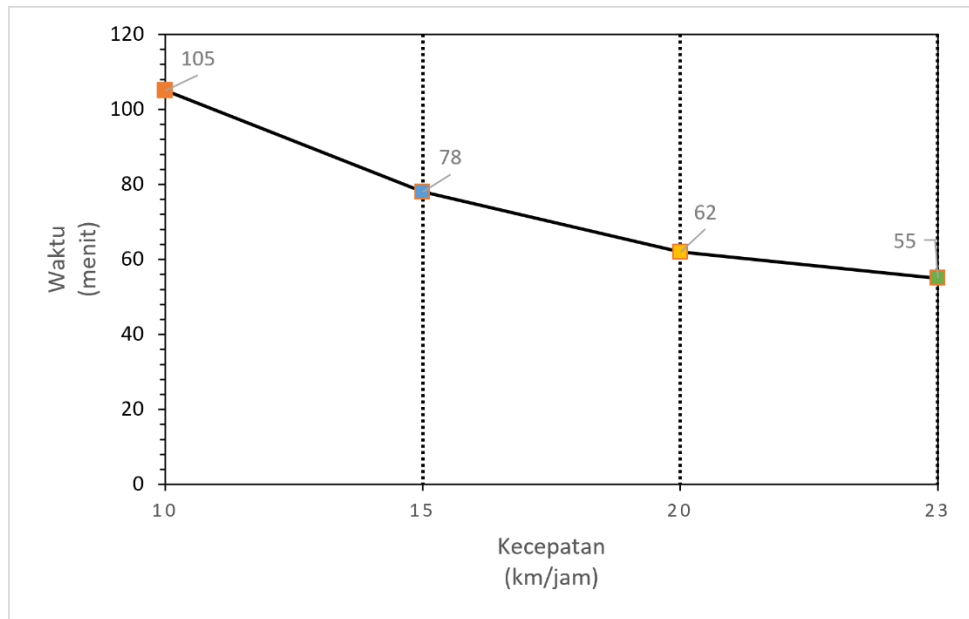
Hal ini sejalan dengan prinsip dasar motor listrik, di mana untuk menghasilkan torsi yang lebih besar guna mempertahankan kecepatan pada beban yang sama, motor membutuhkan arus yang lebih tinggi (arus berbanding lurus dengan torsi), sementara tegangan cenderung relatif stabil namun sedikit menurun akibat pembebanan (voltage sag). (Yoga Prastya et al., 2025)

Kenaikan arus dari 10 ke 15 km/jam dan dari 15 ke 20 km/jam berlangsung cukup bertahap (masing-masing sekitar 2,09 A dan 1,27 A), sedangkan lonjakan dari 20 ke 23 km/jam terlihat cukup tajam (sekitar 4,69 A). Situasi ini juga berpengaruh pada daya tahan waktu operasi baterai yang akan dijelaskan pada poin selanjutnya.

4.3.3 Data Hubungan Kecepatan (km/jam) dan Waktu (menit) dari Baterai 100% - 0%

Tabel 4.8 Data kecepatan (km/jam) dan waktu (menit)

Kecepatan (Km/jam)	Waktu Tempuh (menit)
10	105
15	78
20	62



Gambar 4.7 Grafik hubungan kecepatan dan waktu

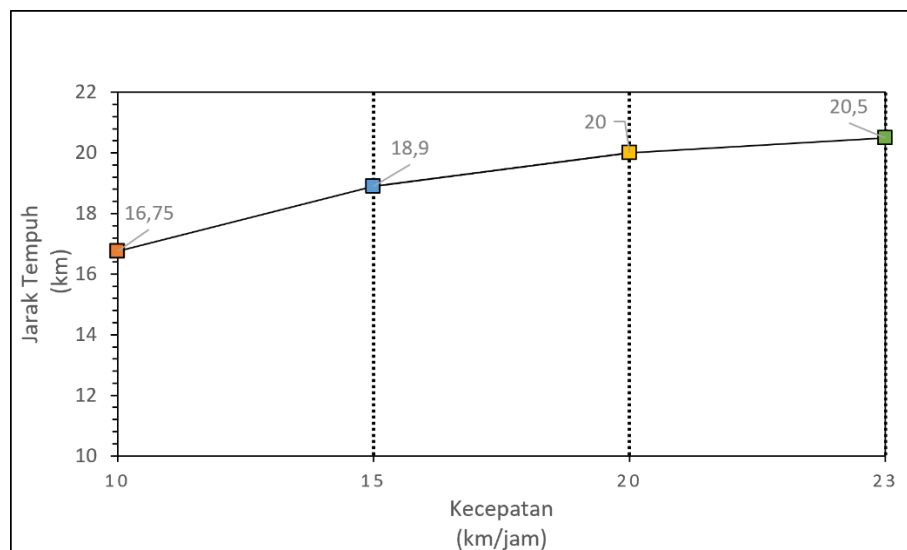
Mengacu pada hasil yang telah ditemukan sebelumnya tentang peningkatan arus input, tampak bahwa bertambahnya laju menyebabkan durasi operasi sepeda listrik menurun secara signifikan. Saat melaju dengan kecepatan 10 km/jam, sepeda listrik mampu beroperasi selama 105 menit; durasi ini berkurang menjadi 78 menit saat kecepatan meningkat ke 15 km/jam, 62 menit pada 20 km/jam, dan 55 menit ketika mencapai 23 km/jam. Penurunan waktu ini terjadi akibat meningkatnya permintaan energi dari motor yang diperlukan untuk menjaga kecepatan yang lebih tinggi, sehingga energi dalam baterai (36 V 5,5 Ah) lebih cepat terkuras. Walaupun waktu penggunaan berkurang, hal ini tidak otomatis mengakibatkan jarak yang dapat ditempuh menurun, karena jarak tempuh juga dipengaruhi secara langsung oleh besar kecepatan itu sendiri sebagaimana akan terlihat dalam hasil selanjutnya.

Hal ini sejalan dengan penelitian (Arango et al., 2021), yang menunjukkan bahwa pada kemiringan yang sama, semakin tinggi kecepatan maka semakin besar konsumsi energi akibat meningkatnya energi baterai digunakan lebih cepat, sehingga dapat mengurangi jangkauan atau lama pengoperasian sepeda listrik.

4.3.4 Hubungan Kecepatan (km/jam) dan Jarak Tempuh (km) dari Baterai 100% - 0%

Tabel 4.9 Data kecepatan (km/jam) dan jarak tempuh (km)

Kecepatan (Km/jam)	Jarak Tempuh (km)
10	16,75
15	18,9
20	20
23	20,5



Gambar 4.8 Grafik hubungan kecepatan dan jarak tempuh

Berbeda dengan trend penurunan waktu penggunaan, jarak tempuh sepeda listrik menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya kecepatan uji. Pada kecepatan 10 km/jam, jarak yang dicapai adalah 16,75 km; ini meningkat menjadi

18,9 km pada kecepatan 15 km/jam, 20 km pada 20 km/jam, dan 20,5 km pada 23 km/jam. Hal ini dapat dijelaskan melalui rumus $\text{jarak} = \text{kecepatan} \times \text{waktu}$: meskipun durasi penggunaan baterai berkurang karena konsumsi arus yang meningkat, peningkatan kecepatan ternyata memberikan dampak yang lebih besar terhadap jarak dibandingkan dengan penurunan waktu penggunaan. Dengan kata lain, meskipun baterai habis lebih cepat pada kecepatan yang lebih tinggi, sepeda listrik masih mampu menempuh jarak yang lebih jauh dalam waktu yang lebih singkat. Namun, terlihat juga bahwa peningkatan jarak mulai melambat pada kecepatan yang lebih tinggi (dari 20 km menjadi 20,5 km antara 20 dan 23 km/jam), yang menunjukkan bahwa pada titik tertentu, penurunan waktu penggunaan akibat peningkatan arus (dari 13,01 A menjadi 17,7 A) mulai menyeimbangkan keuntungan kecepatan, sehingga penambahan jarak menjadi tidak signifikan. Karena semua pengujian dilakukan dengan spesifikasi motor, baterai, dan bobot pengendara yang seragam, maka pola ini sepenuhnya mencerminkan trade-off antara kecepatan, konsumsi arus, dan efisiensi energi baterai.

Hal ini sejalan dengan penelitian (Ulum et al., 2021), yang melakukan pengujian sepeda listrik dengan mengukur kecepatan, jarak tempuh, dan waktu pengoperasian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kecepatan rata-rata 18 km/jam, sepeda listrik mampu menempuh jarak 3,72 km dalam waktu 12 menit. Hasil tersebut menunjukkan adanya keterkaitan antara kecepatan, waktu pengoperasian, dan jarak yang dapat ditempuh oleh sepeda listrik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan pada proyek akhir “Modifikasi Sepeda Manual Menjadi Sepeda Listrik”, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan modifikasi yang telah dilakukan, sistem pengiriman listrik pada sepeda yang dirancang terdiri dari dua elemen utama, yaitu motor listrik jenis DC dengan kekuatan 350 Watt dan baterai lithium-ion dengan spesifikasi 36 Volt 5,5 Ah, yang setara dengan energi sebesar 198 Wh. Motor berperan sebagai alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk memutar roda, sementara baterai bertanggung jawab sebagai sumber energi utama yang memberikan pasokan daya ke motor. Kedua elemen tersebut adalah bagian fundamental dari sistem pengiriman energi listrik.
2. Secara teknis, langkah-langkah untuk mengubah sepeda manual menjadi sepeda hibrida melibatkan beberapa fase, termasuk perencanaan desain, pemasangan motor listrik serta baterai, penempatan sistem kelistrikan dan pengontrol, pemasangan sistem kontrol seperti throttle atau sensor pedal assist, hingga tahap pengujian dan penyetelan performa. Melalui rangkaian proses ini, sepeda manual dapat memiliki dua fungsi, yaitu bisa dikayuh secara manual atau digerakkan dengan bantuan motor listrik, menghasilkan

kendaraan yang lebih efektif dan serbaguna dalam pemakainnya.

3. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa kecepatan memiliki dampak yang signifikan terhadap performa sepeda listrik. Ketika kecepatan meningkat (10–23 km/jam), kebutuhan arus untuk motor juga semakin tinggi (9,65 A–17,7 A), dengan lonjakan paling tajam terjadi pada kecepatan 23 km/jam. Peningkatan arus ini mengakibatkan waktu penggunaan baterai menjadi lebih singkat, yaitu dari 105 menit pada 10 km/jam menjadi 55 menit saat mencapai 23 km/jam. Namun, jarak tempuh justru mengalami peningkatan seiring bertambahnya kecepatan (16 km–20,5 km), karena pengaruh kecepatan terhadap jarak lebih kuat dibandingkan dengan pengurangan dalam waktu penggunaan—walaupun kenaikan jarak tersebut mulai melambat pada kecepatan maksimum akibat lonjakan tajam dalam konsumsi arus. Secara keseluruhan, hasil ini menggarisbawahi adanya kompromi antara kecepatan, penggunaan energi, dan efisiensi jarak tempuh di sepeda listrik yang telah diuji.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya sistem pengujian bisa dikembangkan dengan variasi beban pengendara, keadaan jalan, dan sudut kemiringan medan yang lebih bervariasi, sehingga diharapkan akan didapatkan data performa sepeda listrik yang lebih komprehensif.

2. Penggunaan baterai dengan kapasitas yang lebih besar dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan jarak tempuh dan durasi penggunaan sepeda listrik
3. Penelitian yang akan datang dianjurkan untuk memanfaatkan wattmeter dalam pengujian sepeda listrik sehingga dapat diperoleh informasi mengenai tegangan, arus, dan daya listrik dengan lebih akurat dan langsung. Diharapkan dengan menggunakan wattmeter, analisis mengenai penggunaan daya motor selama pengujian pada berbagai kondisi kecepatan dapat menjadi lebih menyeluruh.
4. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai efisiensi energi, torsi motor, serta daya yang dihasilkan agar performa sepeda listrik hasil modifikasi dapat diketahui secara lebih menyeluruh.
5. Perancangan tempat komponen seperti braket motor dan wadah baterai harus ditinjau kembali agar memiliki kekuatan struktural yang baik serta meningkatkan keamanan dan kenyamanan saat sepeda digunakan.