

Analisis Performa pada Sepeda Motor Listrik Menggunakan Motor BLDC 500 W

Sena Mahendra*, Fahmy Fatra, Muhammad Tamamudin

Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ivet
Jl. Pawiyatan Luhur IV/17 Bendan Duwur, Kota Semarang, 50233, Indonesia

*E-mail: sena.mahendra1@gmail.com

Diajukan: 20-12-2023; Diterima: 20-08-2024; Diterbitkan: 21-12-2024

Abstrak

Dalam transportasi yang sedang marak saat ini, sepeda motor listrik memiliki beberapa keunggulan, seperti tidak menggunakan bahan bakar minyak dan tidak menimbulkan polusi sama sekali. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisa performa rancang bangun sepeda motor listrik MOLIVET yang menggunakan motor BLDC 500 W. Untuk pengujian yang dilakukan meliputi uji torsi, daya, tegangan, kecepatan dan kuat arus. Hasil dari penelitian ini untuk uji torsi tanpa beban sebesar 4,10 N.m dan pada saat dengan beban 90 kg torsi menjadi turun sebesar 3,51 N.m. Untuk hasil uji daya tanpa beban sebesar 0,39 Hp dan pada saat menggunakan beban 90 kg daya turn menjadi 0,29 Hp. Untuk tegangan pada baterai saat tanpa beban sebesar 49,07 V dan pada saat menggunakan beban sebesar 48,16 V. Untuk kecepatan rata-rata pada saat tanpa beban sebesar 31,97 KPH dan pada saat menggunakan beban 90 kg sebesar 26,89 KPH

Kata kunci: Motor Listrik BLDC; Performa; Torsi; Daya

Abstract

In today's booming transportation, electric motorbikes have several advantages, such as not using fuel oil and not causing any pollution at all. The purpose of this research is to analyze the design performance of the MOLIVET electric motorbike that uses a 500 W BLDC motor. The tests carried out include tests of torque, power, voltage, speed and current strength. The results of this study for the no-load torque test were 4.10 N.m and when the load was 90 kg the torque decreased by 3.51 N.m. For the no-load power test results of 0.39 Hp and when using a load of 90 kg the turn power becomes 0.29 Hp. The voltage on the battery when no load is 49.07 V and when using a load is 48.16 V. For an average speed when no load is 31.97 KPH and when using a load of 90 kg is 26.89 KPH.

Keywords: BLDC Electric Motor; Performance; Torque; Power

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi di bidang transportasi telah membawa dampak signifikan terhadap kehidupan manusia, baik dalam kenyamanan maupun efisiensi mobilitas. Namun, perkembangan ini juga menimbulkan dampak negatif, seperti pencemaran lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil yang mendominasi sektor kendaraan bermotor. Masalah ini diperparah oleh meningkatnya jumlah sepeda motor berbahan bakar bensin yang beroperasi setiap tahun. Meskipun motor listrik telah diakui sebagai solusi potensial yang ramah lingkungan, adopsi teknologi ini di Indonesia masih terhambat, salah satunya karena dominasi penggunaan bahan bakar fosil dan terbatasnya pengetahuan mengenai teknologi tersebut. Sementara di negara-negara maju seperti Singapura, Amerika Serikat, dan Inggris, sepeda motor listrik telah digunakan secara luas untuk kebutuhan sehari-hari, teknologi ini masih belum mendapatkan perhatian yang memadai di Indonesia. Beberapa penelitian dan inovasi di dalam negeri telah mengarah pada pengembangan sepeda motor listrik, termasuk konversi dari kendaraan berbahan bakar bensin menjadi motor listrik. Namun, terdapat celah dalam pengembangan desain sepeda motor listrik yang tidak hanya hemat energi, tetapi juga memenuhi kriteria efisiensi, keamanan, kemudahan manufaktur, dan ketersediaan komponen di pasar lokal.

Dalam konteks performa teknis, penelitian sebelumnya yang menggunakan motor BLDC 350 W dan baterai 48 V 14 Ah menunjukkan hasil performa yang memadai dengan kecepatan maksimum 30 km/jam dan efisiensi biaya operasional yang sangat rendah. Namun, kecepatan ini mungkin belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan transportasi harian

yang lebih variatif di Indonesia. Selain itu, masih terdapat potensi untuk meningkatkan performa sepeda motor listrik melalui penggunaan motor BLDC dengan daya yang lebih besar.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah yang ada dengan merancang dan menganalisis performa sepeda motor listrik berbasis motor BLDC 500 W 48 V 14 Ah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam pengembangan sepeda motor listrik yang lebih efisien, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat Indonesia, sehingga dapat menjadi langkah signifikan dalam upaya pengurangan emisi karbon di sektor transportasi.

Kemajuan teknologi membuat kehidupan manusia menjadi lebih nyaman, namun di sisi lain kemajuan tersebut menimbulkan banyak masalah dan kerusakan dalam kehidupan manusia seperti pencemaran lingkungan. Konsumsi bahan bakar fosil di mesin kendaraan mencemari lingkungan kita dan ini adalah salah satu masalah utama ditambah jumlah sepeda motor yang beroperasi di jalan tiap tahun meningkat. Berbagai kalangan, baik akademisi maupun profesional, sudah mulai memperhatikan dampak lingkungan dari kendaraan bermesin pembakaran dalam. Motor listrik adalah solusi untuk masalah ini karena menggunakan energi ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi [1].

Saat ini sepeda motor listrik menjadi alat transportasi yang paling diminati oleh masyarakat umum, karena sepeda dapat digunakan sebagai alat transportasi untuk jarak dekat maupun jauh. Dari sudut pandang ini, sepeda motor listrik dikembangkan sebagai kendaraan hibrida dengan bertenaga manusia dan sepeda motor listrik. Kendaraan ini memiliki beberapa keunggulan seperti tidak mengkonsumsi bahan bakar, tidak menimbulkan polusi, biaya perawatan yang rendah dan tidak berisik. Sumber energi yang digunakan pada sepeda listrik adalah aki atau baterai yang dirancang untuk menggerakkan motor listrik. Sumber energi yang digunakan untuk mengisi baterai diperoleh dari listrik PLN di rumah atau tempat lain yang menghasilkan listrik PLN. Di luar negeri atau di negara maju seperti Singapura atau Amerika dan Inggris sudah banyak yang menerapkan teknologi ini pada sepeda dan menggunakannya untuk kebutuhan sehari-hari dan transportasi pribadi. Walaupun di Indonesia masih banyak yang menggunakan BBM sebagai bahan bakar. Sementara itu, sepeda motor listrik ini menawarkan pilihan yang cukup baik untuk kebutuhan sehari-hari dan digunakan sebagai transportasi pribadi karena tidak mengkonsumsi bahan bakar minyak atau BBM dan lebih ramah lingkungan [2].

Konversi sepeda motor berbahan bakar bensin menjadi penggerak listrik digagas untuk menangkalkan maraknya kendaraan berbahan bakar bensin. Sepeda motor listrik yang dirancang harus efisien, ekonomis, aman dan memenuhi kriteria desain dasar sebagai sepeda motor listrik hemat energi. Komponen yang digunakan harus tersedia di pasaran, terbukti ergonomis, ekonomis, dan proses manufaktur mudah [3]. Menggunakan motor BLDC (*brushless* DC motor) sebagai penggerak, Karena motor BLDC memiliki efisiensi yang baik, motor ini tidak memiliki sikat, sehingga perawatannya lebih mudah dan umurnya lebih panjang [4].

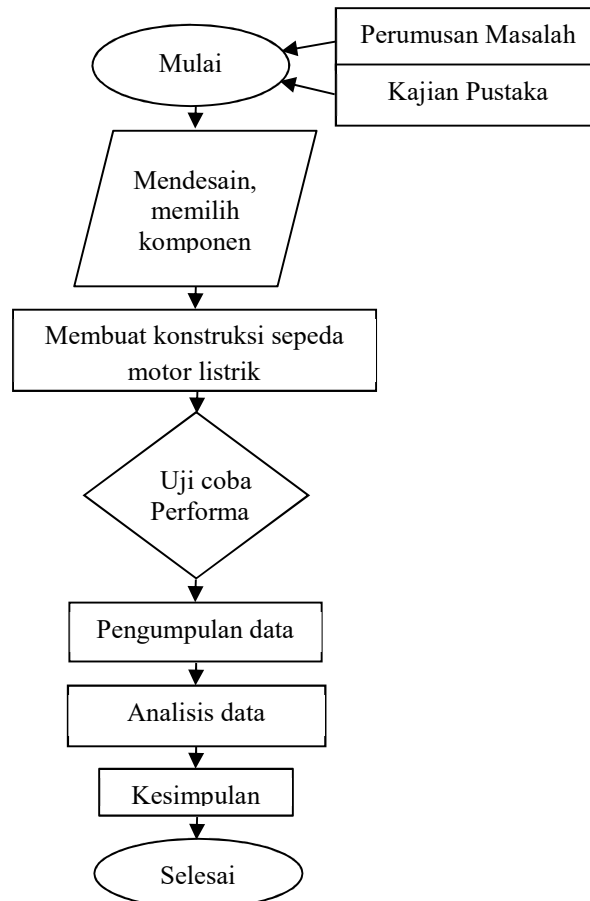
Pembuatan sepeda motor listrik menggunakan BLDC 350 W dan baterai 48 V 14 Ah menghasilkan performa yang meliputi top *speed* sebesar 30 KM/jam. Harga yang dikeluarkan dalam sekali tempuh sejauh 4 KM yang dikonversikan menjadi rupiah sebesar Rp. 209,- dan menempuh perjalanan sejauh 10 km sebesar Rp. 516,- rupiah [5].

Berdasarkan pemaparan di atas penulis bermaksud untuk merancang sepeda motor listrik menggunakan BLDC 500 W 48 V 14 Ah kemudian menganalisis performa pada rancang bangun sepeda motor listrik menggunakan motor BLDC 500 W.

2. Material dan metodologi

2.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 dibawah merupakan diagram alir yang digunakan untuk mempermudah proses pelaksanaan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pendekatan pada penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Penelitian kuantitatif didefinisikan sebagai metode penelitian berdasarkan filsafat *positivisme* yang digunakan untuk mempelajari populasi atau sampel tertentu, untuk pengumpulan data biasanya menggunakan *instrument* penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dan berfungsi untuk menguji hipotesis yang diberikan [6].

Jenis penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Metode eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali [7]. Pada penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian kuantitatif diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat *positivisme*, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan *instrument* penelitian, analisis data bersifat kuantitatif / statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Sampel penelitian menjelaskan tentang penentuan sampel terhadap subjek yang diteliti. Untuk sampel pada penelitian ini adalah eksperimen yang berdasarkan analisis performa pada rancang bangun sepeda motor listrik menggunakan motor BLDC 500 W. untuk mengukur performa motor yang meliputi kecepatan, torsi, daya, tegangan dan kuat arus sepeda motor BLDC.

2.2. Alat dan Bahan

Alat

1. Tachometer

Tachometer adalah sebuah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek.



Gambar 1. Tachometer

2. Dynotes

Dynotest adalah sebuah alat untuk menghitung gaya atau percepatan yang dihasilkan oleh mesin.



Gambar 2. Dynotest

3. Stopwatch

Untuk mengukur berapa lama daya baterai sepeda motor dapat bertahan.

4. Tespen DC

Tespen DC adalah bolak balik (positif atau negatif) tetap berfungsi. Penggunaan sangat mudah tinggal capit buaya di capitkan pada bodi/massa dan ujung tespen ditaruh di ujung kabel, jika kabel tersebut positif berarti tes pen akan menyala.

5. Multitester

Multitester adalah alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus Listrik dan tahanan (resistansi).

6. Speedometer Analog

Prinsip kerja dari speedometer analog, yaitu induksi electromagnet putaran kabel speedometer terhubung ke roda depan kendaraan dan memutar sebuah magnet permanen di dalam *speed cup*.



Gambar 3. Speedometer analog

7. Tang Amper

Tang ampere atau clamp meter merupakan alat ukur yang dibuat untuk mengukur besarnya arus listrik pada sebuah penghantar listrik seperti kabel konduktor dengan menggunakan dua bagian garpu penjepit (clamp) tanpa perlu kontak langsung dengan penghantar listrik tersebut

8. Tool Set

Berfungsi sebagai alat bantu membongkar komponen sepeda motor.



Gambar 4. Tool Set

Bahan

1. Rangka Sepeda Motor Bekas

Rangka, bisa juga disebut demikian, punya peran penting dalam menyumbang handling dan kenyamanan berkendara. Secara fungsi, rangka menjadi komponen utama yang 'menggendong' mesin, lengan ayun, dan suspensi.



Gambar 5. Rangka Sepeda Motor Untuk Penelitian

2. Motor BLDC 500 Watt

Controller motor BLDC memiliki fungsi utama sebagai system pemutar motor BLDC serta mengatur putarannya.



Gambar 6. Motor BLDC

Tabel 1. Spesifikasi rancangan sepeda motor Listrik 500W 48V 14Ah

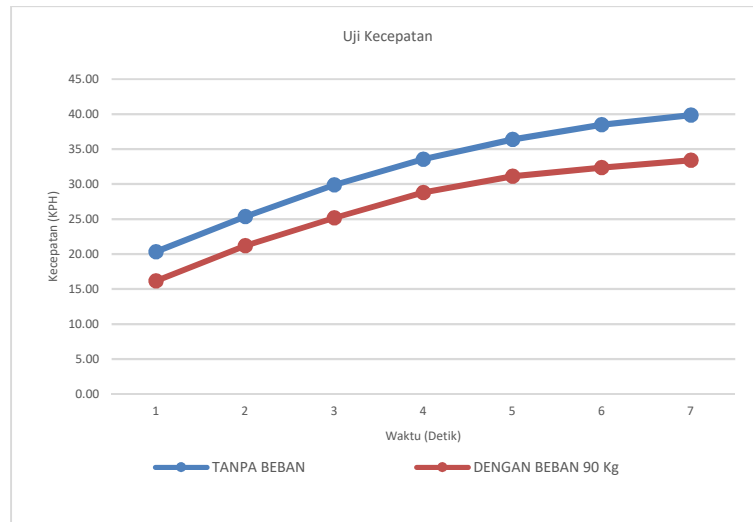
No	Komponen	Spesifikasi dan Dimensi	Jumlah
1	Motor Revo 100 cc	Mode : Honda Revo 100 Tahun : 2007 Pengapian : AC – DC Starter : Electric dan Kick Baterai : MF 12 V, 3.5 Ah PLT : 1.922 x 692 x 1.86 mm Jarak Roda : 1.234 mm Jarak Tanah : 147 mm Berat : 99.88 kg Rangka : Underbon Suspensi Depan : Teleskopik Belakang : Swing arm Ban Depan : 70/90-17 M/C 38P, Spoke, CW Belakang : 80/90-7 M/C44p, Spoke , CW Rem Depan : Cakram Belakang : Tromol	1
2	Motor BLDC Mid Drive	Tegangan : 48V Power Watt : 5000 W Over Power : 1000 W Ampere kerja : 11 A Over amper maks : 30A Torsi : 18-25 Nm Rekomendasi kontroler : 48V 650W 17A <i>full fitur controller</i> Maksimum kontroler : 48V 1000W 35 A Dimensi : 228.6 x 139.7mm Weight : 2 kg	1
3	Baterai	Seal lead Acid , 12 Volt, 14 Ah Dimensi : 180 x 70.5 x 200 mm Weight : 2 kg	4
4	Controller	Input Voltage : DC 48V (Universal) Min. Voltage : DC 30V / 50V Max. Current : 28 A Brake Input : Low-level Size : 140 x 68 x 41mm Weight : 360 g 12 Pcs MOSFET Aplikasi : Max. 36 V 650 W atau 48 V 750W	1
5	Potensio Throttle	Handle Grip 48-72V	1

3. Hasil dan pembahasan

Dalam penelitian ini mengambil data dari subjek sepeda motor listrik (Molivet). Kemudian subjek penelitian akan di berikan perlakuan yang sama, dalam perlakuan menguji kecepatan, torsi, dan daya mesin menggunakan Dynotest dan konsumsi bahan sepeda motor listrik menggunakan 500 W baterai 48V 14 Ah diuji menggunakan stopwatch, kemudian tegangan dan kuat arus di uji menggunakan tang amper.

3.1. Uji Kecepatan

Hasil untuk uji kecepatan pada sepeda motor listrik MOLIVET adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik hasil pengujian kecepatan sepeda motor listrik BLDC 500 W baterai 48 V 14 Ah tanpa beban dan menggunakan beban 90 Kg

Pengujian kecepatan pada motor BLDC 500 W menghasilkan kecepatan pada saat menggunakan beban dan tanpa menggunakan beban. Pada saat menggunakan beban kecepatan di detik pertama meraih 20,33 KPH, pada detik ke 2 menghasilkan 25,33 KPH, pada detik ke 3 menghasilkan 29,87 KPH, pada detik ke 4 menghasilkan 33,53 KPH, pada detik ke 5 menghasilkan 36,37 KPH, kemudian pada detik ke 6 menghasilkan kecepatan sebesar 38,50 KPH. Lalu pada detik ke 7 menghasilkan 39,87 KPH. Kemudian motor BLDC 500 W di uji dengan di tambah beban 90 KG dan menghasilkan kecepatan pada detik pertama adalah sebesar 16,17 KPH, pada detik ke 2 menghasilkan 21, 20 KPH, pada detik ke 3 menghasilkan 25,17 KPH, pada detik ke 4 menghasilkan 28,77 KPH, pada detik ke 5 menghasilkan 31,13 KPH, kemudian pada detik ke 6 menghasilkan kecepatan sebesar 32,37 KPH. Lalu pada detik ke 7 menghasilkan 33,40 KPH.

Motor BLDC dikenal memiliki efisiensi tinggi, daya tahan yang baik, dan kebutuhan perawatan yang rendah. Motor ini bekerja tanpa sikat, sehingga mengurangi gesekan dan meningkatkan efisiensi mekanis. Dalam konteks pengujian, kecepatan motor BLDC sangat dipengaruhi oleh torsi awal dan efisiensi energi. Kinerja torsi motor BLDC memungkinkan respons cepat pada akselerasi awal, terlihat pada peningkatan kecepatan yang progresif dalam kedua kondisi. Motor BLDC mampu mempertahankan akselerasi meskipun ada beban tambahan, menunjukkan karakteristik efisiensi daya.

Berdasarkan hukum Newton Pertama tentang gerak, motor tanpa beban lebih mudah mempercepat karena tidak ada gaya tambahan yang menghambat gerakannya selain hambatan internal. Berdasarkan hukum Newton Kedua tentang beban, ketika beban 90 kg ditambahkan, massa total sistem meningkat, sehingga percepatan berkurang ($F = m.a$). Ini menjelaskan penurunan kecepatan awal dan rata-rata akselerasi.

Beban tambahan meningkatkan resistansi mekanis yang harus diatasi oleh motor, sehingga daya output motor yang sama menghasilkan akselerasi lebih lambat. Pada motor BLDC, efisiensi cenderung menurun seiring peningkatan beban, namun teknologi BLDC memastikan bahwa performa tetap stabil meskipun beban meningkat.

Pada kondisi tanpa beban, motor BLDC mencapai percepatan yang lebih besar karena hambatan minim. Dengan beban 90 kg, percepatan berkurang akibat gaya resistansi yang lebih besar.

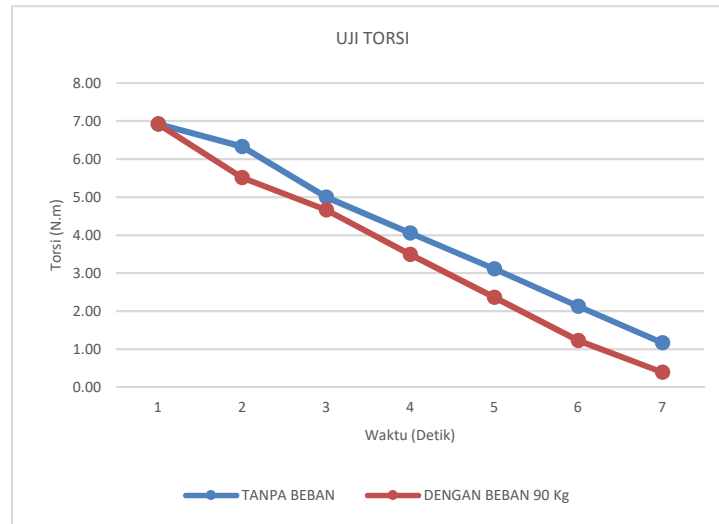
Kecepatan tertinggi pada kondisi dengan beban lebih rendah dibandingkan tanpa beban, menunjukkan bahwa daya output motor memiliki batas tertentu untuk mengatasi hambatan.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa motor BLDC memiliki efisiensi tinggi dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanis, terutama pada kecepatan konstan. Dalam pengujian ini, meskipun beban 90 kg mengurangi

akselerasi awal, motor masih mampu mencapai kecepatan mendekati 33,40 KPH, membuktikan efisiensinya dalam mempertahankan performa.

3.2. Uji Torsi

Hasil uji torsi pada sepeda motor listrik MOLIVET adalah hasil sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik hasil pengujian torsi sepeda motor listrik BLDC 500 W Baterai 48 V 14 Ah tanpa beban dan menggunakan beban 90 Kg (N.m)

Torsi adalah ukuran gaya puntir yang dihasilkan oleh motor untuk menggerakkan beban atau kendaraan. Pengujian torsi motor BLDC pada sepeda motor listrik dilakukan dalam dua kondisi: tanpa beban dan dengan beban 90 kg. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan pola torsi yang dihasilkan dalam kedua kondisi tersebut.

Pada pengujian tanpa beban, pada detik pertama, torsi awal mencapai 6,92 N·m, menunjukkan kemampuan motor untuk memberikan torsi maksimal dalam kondisi ideal (tanpa hambatan beban). Torsi berkurang secara bertahap hingga mencapai 1,17 N·m pada detik ke-7. Penurunan ini mencerminkan berkurangnya kebutuhan torsi seiring dengan meningkatnya kecepatan motor dan menurunnya akselerasi. Penurunan rata-rata torsi per detik adalah sekitar 0,96 N·m/detik.

Pengujian dengan beban 90 kg pada detik pertama, torsi awal adalah 6,93 N·m, hampir setara dengan kondisi tanpa beban, menunjukkan kemampuan motor untuk memberikan daya awal yang kuat. Torsi menurun lebih cepat dibandingkan kondisi tanpa beban, dengan nilai torsi pada detik ke-7 sebesar 0,39 N·m, lebih rendah dibandingkan tanpa beban. Penurunan rata-rata torsi per detik adalah sekitar 1,11 N·m/detik, lebih besar dibandingkan kondisi tanpa beban. Hal ini menunjukkan beban tambahan meningkatkan resistansi terhadap motor.

Pada saat torsi awal (*start-up torque*) pada kedua kondisi, torsi awal mencapai nilai maksimal karena motor BLDC menghasilkan daya tinggi pada kecepatan rendah untuk memulai gerakan. Penurunan torsi lebih cepat pada kondisi dengan beban karena motor harus bekerja lebih keras untuk melawan resistansi dari beban tambahan. Meskipun ada penurunan torsi yang signifikan, motor BLDC menunjukkan kemampuan untuk mempertahankan performa yang memadai dalam kedua kondisi hingga detik ke-7.

Motor BLDC menghasilkan torsi melalui interaksi medan magnet stator dan rotor. Torsi maksimum dihasilkan pada kecepatan rendah karena motor bekerja pada kondisi torsi puncak sebelum torsi menurun saat kecepatan meningkat.

Fenomena ini dikenal sebagai *trade-off* torsi dan kecepatan pada motor listrik. Ketika motor mulai bergerak, diperlukan torsi tinggi untuk mengatasi inersia kendaraan dan beban. Setelah kendaraan bergerak, kebutuhan torsi menurun seiring meningkatnya kecepatan, karena resistansi inersia telah diatasi.

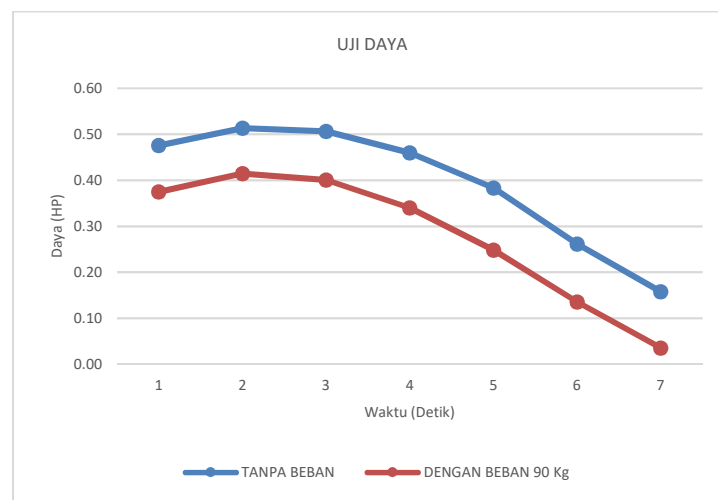
Torsi maksimum terjadi pada kecepatan rendah. Saat kecepatan meningkat, torsi berkurang secara eksponensial karena keterbatasan daya output dan resistansi internal motor. Pada kondisi dengan beban, resistansi tambahan dari massa 90 kg menyebabkan torsi menurun lebih cepat, sesuai dengan sifat mekanis motor.

Motor BLDC dikenal memiliki efisiensi tinggi karena tidak memiliki sikat (*brushless*), yang mengurangi gesekan dan kehilangan energi. Dalam pengujian ini, efisiensi terlihat dari kemampuan motor untuk tetap memberikan torsi yang cukup signifikan pada awal pengujian, meskipun ada tambahan beban.

Beban tambahan meningkatkan resistansi mekanis yang harus dilawan oleh motor, sehingga penurunan torsi menjadi lebih cepat. Beban juga memengaruhi percepatan kendaraan, yang berkontribusi pada penurunan kebutuhan torsi secara bertahap saat motor mencapai kecepatan konstan.

3.3. Uji Daya

Setelah melakukan uji daya sepeda motor listrik BLDC dengan tiga kali melakukan percobaan tanpa beban dan menggunakan beban 90 Kg, maka di dapat hasil sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik hasil pengujian Daya sepeda motor listrik BLDC 500 W Baterai 48 V 14 Ah tanpa beban dan menggunakan beban 90 Kg (HP)

Pengujian daya motor BLDC pada sepeda motor listrik dilakukan dalam dua kondisi, yaitu tanpa beban dan dengan beban 90 kg. Daya, yang diukur dalam *Horsepower* (HP), menunjukkan kemampuan motor dalam menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan pada berbagai tingkat akselerasi.

Pengujian tanpa beban pada detik pertama, daya awal adalah 0,48 HP dan mencapai puncaknya sebesar 0,51 HP pada detik ke-2 dan ke-3. Daya mulai menurun secara bertahap hingga mencapai 0,16 HP pada detik ke-7. Penurunan daya disebabkan oleh penurunan kebutuhan torsi saat kecepatan motor meningkat, yang sesuai dengan karakteristik motor BLDC. Pengujian dengan beban 90 kg pada detik pertama, daya awal lebih rendah, yaitu 0,37 HP, dan meningkat hingga 0,41 HP pada detik ke-2. Daya menurun lebih cepat dibandingkan dengan pengujian tanpa beban, hingga mencapai 0,04 HP pada detik ke-7. Beban tambahan memperbesar resistansi, sehingga motor memerlukan lebih banyak

daya awal untuk mengatasi inersia, tetapi kemampuan mempertahankan daya menurun lebih cepat. Pada kondisi tanpa beban, daya maksimum lebih tinggi dan penurunannya lebih lambat. Pada kondisi dengan beban, daya awal lebih rendah, dan penurunan daya lebih cepat karena motor harus mengatasi resistansi tambahan dari beban.

Daya awal menunjukkan kemampuan motor untuk memberikan tenaga maksimal pada awal akselerasi. Pada kondisi dengan beban, daya awal lebih rendah karena energi motor digunakan untuk melawan resistansi inersia beban tambahan. Daya maksimum pada kondisi tanpa beban tercapai lebih cepat dan lebih tinggi, mencerminkan bahwa motor BLDC lebih efisien saat bekerja tanpa hambatan. Pada kondisi dengan beban, daya maksimum sedikit lebih rendah, menunjukkan keterbatasan output tenaga motor saat menghadapi resistansi mekanis yang lebih besar.

Penurunan daya pada kedua kondisi mencerminkan penurunan kebutuhan torsi seiring meningkatnya kecepatan. Penurunan daya lebih cepat pada kondisi dengan beban, karena tambahan beban meningkatkan resistansi mekanis, mempercepat penurunan efisiensi tenaga motor.

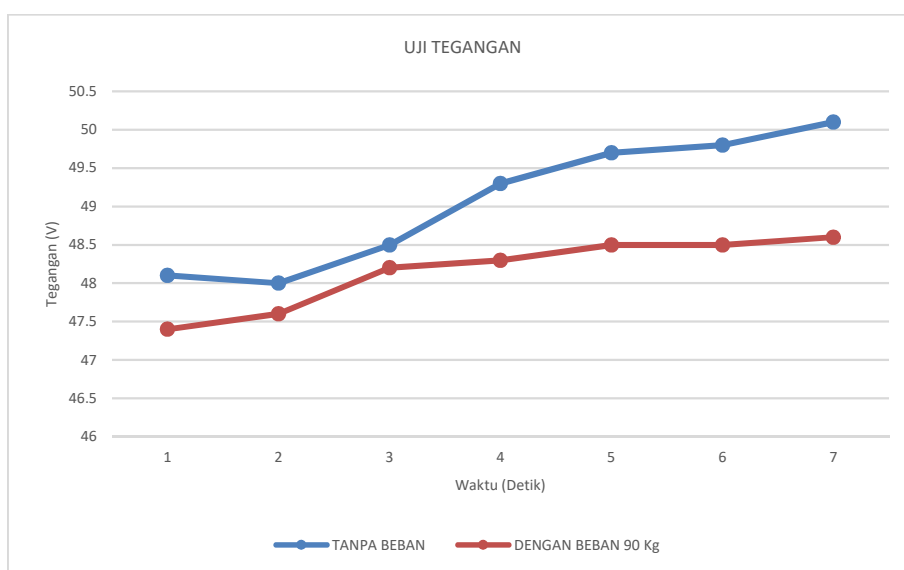
Energi yang dihasilkan oleh motor BLDC berasal dari energi listrik yang diubah menjadi energi mekanis. Pada awal akselerasi, energi digunakan untuk mengatasi inersia dan meningkatkan kecepatan. Ketika kecepatan stabil, kebutuhan energi menurun, sehingga daya motor juga menurun. Pada awal akselerasi, torsi tinggi menghasilkan daya tinggi. Namun, saat kecepatan meningkat dan torsi menurun, daya juga menurun.

Beban tambahan meningkatkan resistansi mekanis, sehingga motor membutuhkan lebih banyak daya untuk memulai gerakan. Penurunan daya lebih cepat pada kondisi berbeban karena resistansi tambahan memperbesar kerja yang harus dilakukan motor.

Motor BLDC memiliki efisiensi tinggi pada kecepatan rendah hingga sedang, namun efisiensinya menurun saat beban bertambah atau kecepatan tinggi tercapai. Pola daya maksimum pada detik ke-2 dan ke-3 menunjukkan bahwa motor BLDC optimal untuk aplikasi dengan akselerasi cepat dalam jarak pendek.

3.4. Uji Tegangan

Setelah melakukan uji tegangan sepeda motor listrik BLDC menunjukkan hasil tanpa beban dan menggunakan beban 90 Kg, maka di dapat hasil sebagai berikut:



Gambar 9. Grafik hasil pengujian tegangan sepeda motor listrik BLDC 500 W Baterai 48 V 14 A tanpa beban dan menggunakan beban 90 kg.(V)

Pengujian tegangan motor BLDC dilakukan dalam dua kondisi: tanpa beban dan dengan beban 90 kg. Tegangan mencerminkan pasokan listrik yang dihasilkan oleh baterai dan distribusinya untuk menggerakkan motor. Perubahan nilai tegangan selama pengujian dapat mengindikasikan stabilitas sistem dan efisiensi konsumsi energi motor BLDC.

Pengujian tanpa beban dengan tegangan awal pada detik pertama adalah 48,1 V dan meningkat hingga 50,1 V pada detik ke-7. Tegangan menunjukkan peningkatan bertahap, dengan fluktuasi kecil pada detik ke-3 dan ke-4, yaitu mencapai 48,5 V dan 49,3 V. Rata-rata kenaikan tegangan per detik adalah sekitar 0,34 V/detik, menunjukkan stabilitas sistem pasokan daya ketika motor bekerja tanpa hambatan beban. Pengujian dengan beban 90 kg tegangan awal pada detik pertama adalah 47,4 V, lebih rendah dibandingkan kondisi tanpa beban. Tegangan meningkat secara bertahap hingga mencapai 48,6 V pada detik ke-7, dengan kenaikan yang lebih lambat dibandingkan kondisi tanpa beban. Rata-rata kenaikan tegangan per detik adalah sekitar 0,2 V/detik, mencerminkan efek tambahan resistansi akibat beban pada sistem pasokan daya. Tegangan awal dan rata-rata kenaikan tegangan pada kondisi dengan beban lebih rendah dibandingkan tanpa beban, menunjukkan pengaruh resistansi tambahan pada distribusi daya. Tegangan akhir lebih stabil dalam kondisi berbeban, mengindikasikan sistem motor BLDC mampu menyesuaikan pasokan daya meskipun terdapat hambatan tambahan.

Tegangan awal yang lebih rendah pada kondisi berbeban menunjukkan bahwa motor memerlukan lebih banyak daya untuk mengatasi inersia beban awal. Perbedaan tegangan awal kecil antara kedua kondisi mencerminkan efisiensi baterai dalam menyediakan pasokan daya yang stabil. Pada kondisi tanpa beban, kenaikan tegangan lebih signifikan, mencerminkan bahwa motor membutuhkan daya lebih rendah untuk bekerja tanpa hambatan. Pada kondisi berbeban, kenaikan tegangan lebih lambat karena beban tambahan meningkatkan resistansi, memerlukan arus yang lebih tinggi untuk menghasilkan torsi, sehingga tegangan yang tersisa lebih kecil.

Fluktuasi kecil pada detik ke-3 hingga ke-5 menunjukkan adanya proses stabilisasi pasokan daya di kedua kondisi. Tegangan akhir lebih tinggi pada kondisi tanpa beban, menunjukkan kinerja optimal baterai dan motor BLDC ketika bekerja tanpa hambatan mekanis.

Tegangan merupakan perbedaan potensial listrik yang diperlukan untuk menggerakkan arus melalui motor. Tegangan baterai pada motor BLDC biasanya tetap stabil selama pengoperasian, tetapi dapat sedikit berfluktuasi akibat perubahan beban atau kebutuhan daya. Beban tambahan meningkatkan konsumsi arus karena motor membutuhkan lebih banyak energi untuk menghasilkan torsi yang cukup. Tegangan cenderung lebih rendah pada kondisi berbeban karena sebagian energi dialokasikan untuk melawan resistansi mekanis, sesuai dengan hukum Ohm.

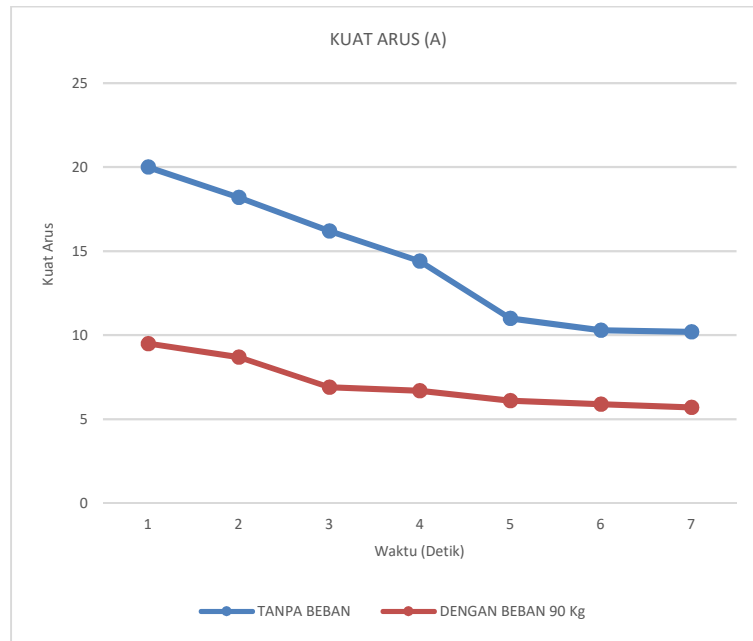
Motor BLDC memiliki efisiensi tinggi dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanis, sehingga mampu menjaga stabilitas tegangan meskipun ada perubahan beban. Tegangan akhir yang lebih tinggi pada kondisi tanpa beban menunjukkan bahwa motor BLDC bekerja optimal saat hambatan minimum.

3.5. Kuat Arus

Setelah melakukan uji daya sepeda motor listrik BLDC dengan tiga kali melakukan percobaan tanpa beban dan menggunakan beban 90 Kg, maka di dapat hasil sebagai berikut:

Pengujian kuat arus listrik pada motor BLDC dilakukan dalam dua kondisi: tanpa beban dan dengan beban. Arus listrik menunjukkan jumlah energi yang digunakan oleh motor untuk menghasilkan torsi dan kecepatan. Pengujian juga menggunakan baterai SMT Power 48V 14Ah sebagai sumber energi. Kondisi tanpa beban menunjukkan pada detik pertama, arus awal yang tercatat adalah 20,0 A dan menurun secara bertahap hingga 10,2 A pada detik ke-7. Penurunan arus mencerminkan pengurangan kebutuhan energi oleh motor seiring dengan stabilisasi kecepatan dan menurunnya

kebutuhan torsi. Rata-rata penurunan arus per detik adalah sekitar 1,4 A/detik, menunjukkan efisiensi motor dalam menyesuaikan konsumsi daya pada kondisi tanpa hambatan mekanis. Pada saat pembebanan 90 kg pada detik pertama, arus awal yang tercatat adalah 9,5 A, lebih rendah dibandingkan kondisi tanpa beban. Arus menurun hingga 5,7 A pada detik ke-7. Penurunan arus lebih lambat dibandingkan tanpa beban, dengan rata-rata sekitar 0,54 A/detik, mencerminkan kebutuhan daya yang lebih stabil untuk mengatasi beban tambahan. Penurunan arus yang lebih kecil juga menunjukkan efisiensi motor BLDC dalam mempertahankan performa meskipun terdapat beban tambahan.



Gambar 10. Grafik hasil pengujian kuat arus sepeda motor listrik BLDC 500 W 48 V 14 Ah tanpa beban dan menggunakan beban.(A)

Pada kondisi tanpa beban, arus awal lebih tinggi karena motor membutuhkan daya maksimum untuk mencapai akselerasi awal. Pada kondisi berbeban, arus awal lebih rendah karena torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor telah diatur oleh pengontrol agar sesuai dengan beban. Arus menurun lebih cepat pada kondisi tanpa beban karena motor membutuhkan lebih sedikit daya saat kecepatan stabil. Penurunan arus yang lebih kecil pada kondisi berbeban mencerminkan kebutuhan daya yang lebih konstan untuk mengatasi resistansi dari beban tambahan. Penurunan arus yang konsisten menunjukkan efisiensi tinggi dari motor BLDC dalam mengatur konsumsi daya selama operasi.

Motor BLDC dirancang untuk memberikan torsi tinggi pada kecepatan rendah dengan konsumsi arus tinggi pada awal akselerasi. Ketika kecepatan meningkat, kebutuhan torsi menurun, sehingga konsumsi arus berkurang. Pola ini terlihat jelas dalam pengujian kuat arus.

3.6. Baterai SMT POWER

Pengisian kondisi normal memiliki kapasitas arus sebesar 12 V setiap satu baterai dan pada pengisian kondisi normal memiliki arus sebesar 14 A. Rancangan baterai sepeda motor listrik BLDC ini memiliki 4 baterai kemudian tegangan 500 W baterai 48 V 14 Ah Adapun pengukuran yang dilakukan yaitu mengukur tegangan output baterai dengan kondisi normal. Pengukuran tersebut menggunakan alat ukur Tangamper digital yang digunakan untuk mengukur tegangan output baterai dan controller berfungsi untuk mengukur besar frekuensi dan bentuk gelombang dari charger baterai.

Baterai smt power memiliki daya pengisian diawali baterai pengosongan tegangan kemudian dimulai pengisian pada jam jam 9.50 – 12,30 baterai penuh dilihat melalui indikator charger yang semula warna hijau berubah menjadi warna merah. Kemudian dilakukan pengujian baterai untuk mengetahui sejauh berapa kapasitas km/jam tenaga yang dihasilkan dari baterai.

4. Kesimpulan

Performa yang di hasilkan oleh motor listrik BLDC tenaga baterai 48 V 14 A mampu meraih kecepatan rata-rata 27,3 KPH pada saat tanpa beban. Kemudian dengan beban 90 kg kecepatan rata-rata turun 11,72% atau turun menjadi 24,1 KPH. Untuk torsi yang dapat di capai pada saat tanpa beban dapat meraih 5,97 N.m, dan pada saat dengan beban 90 kg tosi turun sebesar 20,94% atau turun menjadi 4,72 N.m. kemudian daya yang dapat di raih saat tanpa beban adalah 0,488 Hp, dan saat menggunakan beban 90 kg daya turun sebesar 19,67% atau turun menjadi 0,392 Hp. Tegangan yang ada pada baterai saat tanpa beban dan di lakukan pengujian mendapatkan hasil rata-rata 48,8 V. Kemudian saat menggunakan beban 90 kg tegangan baterai turun sebesar 1,85% atau turun menjadi 47,9 V. Kuat arus baterai saat dilakukan uji tanpa beban memperoleh hasil 18 A dan saat menggunakan beban 90 kg kuat arus baterai turun sebesar 33,33% atau turun menjadi 6 A.

Baterai di gunakan untuk suplai motor listrik BLDC dengan putaran gas full mampu bertahan hingga 38,01 menit. Baterai ini mampu menempuh perjalanan hingga 20,38 km. Dengan kecepatan rata-rata sebesar 32,35 Km/Jam. Biaya yang harus di keluarkan untuk sekali jalan menggunakan motor listrik BLDC ini adalah Rp 472,5-.

Daftar Pustaka

- [1] Beeton, & David. (2014). *Electric Vehicle Business Models Global Perspectives*. Springer.
- [2] Alhamdie, A. (2021). Rancang Bangun Sepeda Dengan Motor Dc 350 W. *JMIO: Jurnal Mesin Industri Dan Otomotif*, 2(1), 7–10. <https://doi.org/10.46365/jmio.v2i01.403>.
- [3] Kristyadi, T., Said, M., Farhan, M., & Lani, D. (2021). Konversi Sepeda Motor Berbahan Bakar Bensin Menjadi Bertenaga Listrik. *Prosiding Diseminasi FTI Genap*, 1–13.
- [4] Belekar, R. D., Subramanian, S., Panvalkar, P. V., Desai, M., & Patole, R. (2017). Alternator Charging System for Electric Motorcycles. *International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET)*, 4(4), 1759–1766.
- [5] Manalu, J. (2017). *Rancang bangun motor listrik*. Universitas Sumatera Utara.
- [6] Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan; Pendekatan Kuantitatif dan R&D*. Alfabeta.
- [7] Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- [8] Oktariani, Y. (2016). Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase. *Institut Teknologi Padang*, 5(1), 9–15
- [9] Prasetyo, E., Dahlan, D., & Ryfaldi, R. (2018). Analisis Uji Jalan Sepeda Motor Listrik 1 kW. *Seminar Rekayasa Teknologi*, 199–208
- [10] Zainal, N. R. (2018). Pengaruh Posisi Sudut Optimus Reed Switch Pada Motor Brushless DC Axial Flux
- [11] Ratna Mustika Yasi, & Charis Fathul Hadi. (2021). Pengaruh Tegangan Terhadap Besar Kuat Arus Listrik Pada Persamaan Hukum Ohm. *Journal Zetroem*, 3(1), 34–36. <https://doi.org/10.36526/ztr.v3i1.1331>
- [12] Nurhadi. (2018). Pengembangan Sepeda Motor Listrik Sebagai Sarana Tujuan penelitian Metodologi penelitian Penelitian Terdahulu. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2018*, 249–255.

- [13] Sarwey, R. A., & John W. Jewett. (2019). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* (2nd ed.). Salemba Teknika
- [14] Douglas, C., & Giancoli. (2001). *Physics Fifth Edition* (5th ed.). Erlangga
- [15] Setyaning, A., Poesoko, S., Setyono, B., Novianto, A., Mesin, J. T., Teknologi, I., & Tama, A. (2022). Analisis Konsumsi Energi Baterai Dan Steering Sytem Mobil Listrik Eazy Parking Penggerak 2 Motor BLDC. 1–10.