

# PENGARUH VARIASI RASIO TRANSMISI TERHADAP KONSUMSI ENERGI SEPEDA MOTOR LISTRIK KONVERSI PADA KONDISI JALAN MENDATAR

I Ketut Agus Milan Wartama, I Made Widiyarta, I Wayan Arya Darma

Program Studi Teknik mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Pada saat ini, banyak masyarakat menggunakan kendaraan bermotor untuk aktivitas sehari-hari. Ini meningkatkan penggunaan bahan bakar dan mengurangi cadangan minyak bumi, serta menyebabkan polusi yang mempengaruhi kualitas udara dan lingkungan. Motor listrik konversi adalah alternatif terbaik untuk menggantikan motor bensin dari aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Dalam penelitian ini, sepeda motor Mio Sporty tahun 2006 dikonversi menjadi sepeda motor listrik yang menggunakan baterai sebagai sumber energi, menggantikan bensin. Konversi ini mengubah komponen-komponen motor, dengan beberapa komponen dilepas dan komponen baru ditambahkan. Rasio transmisi divariasikan menjadi tiga: penambahan 12 ring, 2 ring, dan tanpa penambahan ring, dan diuji pada jalan sepanjang 5 km dengan dan tanpa beban penumpang pada kontrol kecepatan I dan II. Hasil pengujian menunjukkan bahwa transmisi tanpa penambahan ring (rasio 0,81) mencapai kecepatan tertinggi. Pengulangan pengujian tiga kali menunjukkan bahwa rasio transmisi 0,92 tanpa beban penumpang mengonsumsi energi sebesar 0,029 kWh/km, dengan rata-rata waktu tempuh 13,02 menit untuk jarak 5 km.

Kata kunci: Rasio Transmisi, Uji Sepeda Motor Listrik Konversi, Konsumsi Energi

## Abstract

Currently, many people use motorized vehicles for daily activities. This increases fuel consumption and depletes oil reserves, while also causing pollution that affects air quality and the environment. Electric motor conversion is the best alternative to replace gasoline engines from economic, environmental, and social aspects. In this study, a 2006 Mio Sporty motorcycle was converted into an electric motorcycle using a battery as an energy source, replacing gasoline. This conversion changes the motor components, with some components removed and new components added. The transmission ratio was varied into three: adding 12 rings, 2 rings, and no ring addition, and tested on a 5 km road with and without a passenger load at speed control I and II. The test results showed that the transmission without ring addition (ratio 0.81) achieved the highest speed. Repeated testing three times showed that the transmission ratio of 0.92 without passenger load consumed energy at 0.029 kWh/km, with an average travel time of 13.02 minutes for a 5 km distance.

Keywords: Transmission Ratio, Testing of Converted Electric Motorcycles, Energy Consumption

## 1. Pendahuluan

Pada saat ini sebagian besar masyarakat menggunakan kendaraan bermotor sebagai salah satu moda transportasi dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Hal ini berdampak pada penggunaan bahan bakar yang akan meningkat dan membuat cadangan minyak bumi akan semakin menipis. Disamping itu tingginya pemakaian kendaraan bermotor menyebabkan polusi yang dapat mempengaruhi kualitas udara disekitarnya dan akan memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Salah satu solusi untuk mengurangi dampak yang terjadi yaitu dengan membuat kendaraan yang ramah lingkungan dan dapat beroperasi tanpa menggunakan bahan bakar fosil atau minyak bumi. Sepeda motor listrik merupakan salah satu kendaraan yang dapat beroperasi menggunakan bahan bakar alternatif, yaitu dengan energi listrik. [1]

Efisiensi motor listrik merupakan faktor penting saat membeli atau memasang motor listrik yang akan dioperasikan pada sepeda motor listrik. Baik atau buruknya kinerja sepeda motor listrik sangat dipengaruhi oleh efisiensi motor listrik sebagai penggerak. Ketika efisiensi sebuah motor listrik

dikatakan baik, maka kinerjanya akan lebih maksimal. Pada perancangan sepeda motor listrik ini, motor listrik yang digunakan adalah motor BLDC karena memiliki efisiensi baik, tidak memiliki sikat sehingga perawatan lebih mudah, dan memiliki umur pakai lebih lama (Simanullang, 2019). Vyshakh M. R. juga menyatakan bahwa motor listrik dengan model BLDC memiliki efisiensi yang tinggi, dikarenakan BLDC memiliki karakteristik traksi dengan kapasitas pembebanan yang baik. Ketika arus semakin besar maka rotor pada BLDC berputar semakin kencang dan sebaliknya, dengan penyaluran torsi yang kontinu motor listrik mampu berputar dengan cepat sesuai dengan kapabilitas motor listrik. Penyaluran torsi yang kontinu pada motor listrik membuat sepeda motor listrik konversi tidak lagi memerlukan variasi rasio transmisi yang tak terhingga, sehingga CVT (*continuously variable transmission*) akan dimodifikasi untuk menyesuaikan sistem kerja pada BLDC motor listrik.

Pada penelitian ini mio sporty tahun 2006 adalah sepeda motor yang dikonversi menjadi sepeda motor listrik dan mengalami perubahan

sumber energi, sepeda motor bahan bakar menggunakan bensin sebagai penghasil daya, sementara sepeda motor yang telah dikonversi menggunakan baterai. Konversi terhadap sepeda motor dengan baterai sebagai sumber energi menjadikan komponen-komponen pada motor berubah, adanya komponen yang tidak digunakan akan dilepas dan ada pula komponen yang perlu ditambahkan pada sepeda motor sebagai penunjang sistem kerja sepeda motor. Sistem kerja sepeda motor listrik yang berubah dengan adanya tambahan motor listrik sebagai penggerak yang mengkonversi energi listrik dari baterai menjadi energi gerak dan kemudian digunakan transmisi untuk berotasi dan ditransfer ke roda belakang sehingga sepeda motor dapat melaju.

Transmisi sepeda motor memakai jenis *open belt drive* yang memiliki dua *pulley* yang dinamakan *primary sheave* sebagai *driver* dan *secondary sheave* sebagai *driven*, variasi rasio yang tak terhingga pada CVT diperoleh dari *roller* di *primary sheave* dan *centrifugal* di *secondary sheave* yang akan mempengaruhi efektifitas BLDC motor. Penggunaan *roller* dan *centrifugal* tidak diperlukan lagi karena akan mengurangi efektifitas pada BLDC motor, oleh karena itu *roller* dan *centrifugal* pada transmisi dilepas untuk mengurangi pembebanan pada transmisi dengan dilepasnya komponen-komponen diatas maka CVT berubah menjadi transmisi manual dan transmisi sepeda motor listrik konversi menjadi penting untuk diteliti sehingga dapat ditentukan variasi rasio transmisi paling optimal yang mengonsumsi daya baterai paling minimum dengan mengujinya melalui variasi kecepatan yang berbeda. Pada pengujian ini akan dilakukan sepanjang jarak 5 km, karena dengan jarak 5 km sudah bisa menunjukkan perbedaan kondisi baterai awal dan setelah pengujian.[2]

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi rasio transmisi dengan penambahan dua belas ring, dua ring dan tanpa ring pada *primary sheave*. Lalu mengetahui daya dari baterai yang dikonsumsi pada setiap variasi rasio transmisi dengan variasi beban pada jarak 5km dan menentukan pengonsumsi daya paling optimal dari salah satu dari tiga variasi.

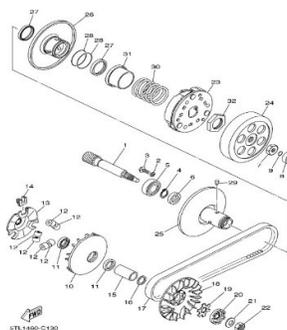
## 2. Dasar Teori

### 2.1 Sepeda Motor Listrik

Sepeda motor listrik adalah kendaraan yang digerakkan oleh motor listrik tanpa bahan bakar minyak, dikembangkan sebagai solusi terhadap pemanasan global dan keterbatasan bahan bakar minyak. Sepeda motor listrik memiliki banyak

kelebihan dibandingkan sepeda motor konvensional seperti ramah lingkungan, biaya perawatan lebih sedikit, ringan, tidak menyebabkan polusi suara, dan penggunaan daya yang sangat efisien. [3]

### 2.2 Sepeda Motor Listrik Konversi



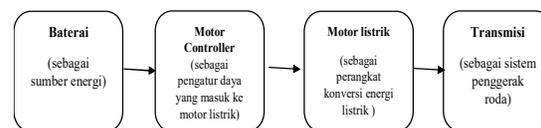
Gambar 2. 1 Bagian-bagian CVT

Sepeda motor elektrifikasi adalah sepeda motor konvensional yang dikonversi menjadi sepeda motor listrik. Perubahan sumber energi dari bahan bakar minyak menjadi listrik menyebabkan perubahan pada komponen motor. Komponen seperti tangki bahan bakar, ruang pembakaran, dan knalpot tidak lagi digunakan dan diganti dengan baterai, motor controller, dan motor listrik. Selain itu, CVT (*continuously variable transmission*) dimodifikasi untuk mengurangi beban pada transmisi dan memungkinkan akselerasi yang optimal.

### 2.3 Continuously Variable Transmission

Continuously Variable Transmission (CVT) adalah jenis transmisi dengan rasio yang dapat berubah-ubah secara tak terbatas, memungkinkan penggunaan daya dari pembakaran bahan bakar menjadi lebih efisien. CVT adalah transmisi otomatis yang beroperasi dengan dua pulley yang dihubungkan oleh V-belt. Kedua pulley ini memainkan peran penting dalam sistem CVT, karena diameternya dapat berubah secara otomatis ketika mesin bergerak cepat, menghasilkan gaya sentrifugal pada roller dan centrifugal [4]

### 2.4 Komponen Penting Pada Sepeda Motor Listrik



Gambar 2. 2 Komponen Penting Sepeda Motor Listrik Konversi.

Komponen penting pada sepeda motor listrik dilihat secara garis besar dimulai dari sumber energi sampai pada akhirnya sepeda motor mampu mengalami akselerasi. Gambar 2.2 menjelaskan sumber energi yang dipakai pada sepeda motor

listrik adalah baterai, lalu *motor controller* sebagai pengatur daya yang akan masuk ke motor listrik dan perangkat penting terakhir adalah transmisi yang berfungsi sebagai sistem penggerak sehingga sepeda motor dapat melakukan akselerasi. [5]

## 2.5 Baterai

Baterai adalah salah satu teknologi umum yang sering kita jumpai di kehidupan sehari-hari, baterai hadir dalam bentuk dan ukuran yang berbeda, dari baterai kecil yang digunakan pada perangkat elektronik seperti telepon genggam maupun baterai lebih besar yang digunakan pada kendaraan listrik. Baterai adalah perangkat elektrokimia yang menyimpan energi dalam bentuk kimia dan mengubahnya menjadi energi listrik untuk menyuplai daya pada perangkat elektronik, baterai dapat berbentuk satu

atau lebih sel elektrokimia yang dipasang secara seri maupun paralel yang menghasilkan tegangan dan arus listrik.

## 2.6 Motor Controller

*Motor controller* adalah sebuah perangkat yang berfungsi mengatur besarnya arus yang masuk ke motor listrik sehingga motor listrik dapat beroperasi sesuai dengan performa motor listrik secara efektif. Spesifikasi *motor controller* harus sesuai dengan motor listriknya sehingga dapat bekerja secara optimal, jika input daya yang diberikan oleh *motor controller* lebih besar dari motor listrik maka akan terjadi *overheating* dan *overcurrent protection* yang dapat menyebabkan motor listrik rusak, sebaliknya jika input daya lebih rendah motor listrik akan mengalami kinerja yang lemah dan *overloading*. *Motor controller* memiliki peran penting dalam mengatur aliran arus ke motor listrik agar dapat beroperasi dengan baik sehingga motor listrik rusak sebelum waktunya rusak [4]

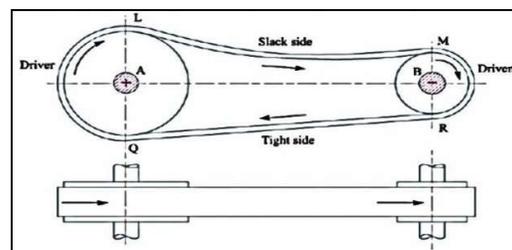
## 2.7 Brushless DC Motor Listrik

Motor listrik adalah sebuah perangkat yang dirangkai untuk menghasilkan sebuah energi mekanis. Rangkaian dibuat untuk menerima *input* dalam bentuk energi listrik dengan memakai prinsip kerja induksi elektromagnetik, motor listrik harus memiliki beberapa bagian untuk sampai pada akhirnya menghasilkan energi mekanis, berikut adalah bagian-bagian dari motor listrik [3]

## 2.8 Transmisi

Transmisi adalah sebuah sistem kerja pada motor yang mentransfer daya dari mesin ke roda penggerak motor. Transmisi pada sepeda motor biasanya memiliki beberapa jenis, contohnya transmisi manual maupun transmisi otomatis. Pada transmisi manual, pengemudi harus secara manual memilih gigi yang sesuai kebutuhan ketika

mengendarai motor, sementara transmisi otomatis akan sendirinya bergerak memilih gigi yang paling sesuai berdasarkan kecepatan sepeda motor. Transmisi pada sepeda motor biasanya menggunakan *open belt drive* untuk memberikan daya kepada roda penggerak motor, jenis ini digunakan dengan poros *primary sheave* sejajar dengan poros *secondary sheave* dan dengan arah putaran yang sama. Berikut adalah gambar dari *open belt drive* [6]



Gambar 2.3 Open Belt Drive

## 2.9 Gaya Hambatan Yang Bekerja Pada Sepeda Motor

Dalam dinamika kendaraan, beberapa gaya hambat muncul yaitu gaya hambat aerodinamis ( $R_a$ ), gaya hambat rolling ( $R_r$ ) dan gaya gradien atau gaya hambat karena tanjakan jalan ( $R_g$ ). Untuk dapat menggerakkan kendaraan, maka diperlukan gaya dorong yang dapat melawan hambatan yang timbul oleh ketiga gaya hambat tersebut. Gaya dorong atau gaya traksi (traction force,  $F_t$ ) dapat berasal dari tenaga mesin kendaraan tersebut. [7]

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Alat-alat Penelitian

1. GPS Digital Speed
2. Multimeter

### 3.2 Bahan-bahan Penelitian

1. Baterai
2. Motor Listrik DC
3. Brushless DC Motor Controller
4. Konversi Sepeda Motor Listrik

### 3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian akan dilakukan dengan menggunakan pengujian secara langsung, sepeda motor konversi yang akan diuji secara langsung di jalan, yang memiliki beberapa tahapan penelitian. Berikut adalah tahapan penelitian dari penulisan ini:

1. Studi literatur.
2. Pengambilan data variasi rasio transmisi.
3. Pengujian.
4. Pengambilan data tegangan, arus dan daya.
5. Penulisan pembahasan dan kesimpulan.

Jika data - data sudah didapat dan telah dilakukan perhitungan, selanjutnya dimasukkan kedalam tabel kemudian dibuat grafik hubungan dan ditarik kesimpulannya.

#### 4. Hasil Dan Pembahasan

Penelitian dilakukan untuk mengetahui besar energi yang dikonsumsi pada sebuah sepeda motor listrik konversi pada rasio transmisi yang berbeda; *low ratio*, *medium ratio*, *overdrive ratio*, juga pada kecepatan dan *speed control* yang berbeda. Tahap pertama dari penelitian adalah menghitung besar dari rasio transmisi pada setiap penambahannya, lalu pengujian konsumsi sepeda motor listrik konversi dilakukan dengan total 36 kali pengujian yaitu; tiga variasi rasio transmisi, dua variasi beban, dua speed control, dan tiga kali pengulangan pada setiap variasi.

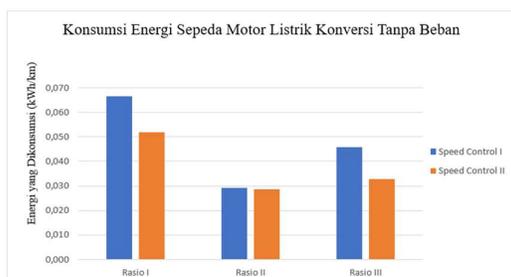
##### 4.1 Data Pengujian pada Control Speed Tanpa Beban

No.	Variasi	Tegangan (V)			Running			Rata-Rata Konsumsi Energi (kWh/km)
		Awal	Akhir	Waktu (jam)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	
1	Rasio I 2.13	52.1	48.9	0.6	48.33	9.33	450.92	0.067
		51.1	48.1	0.54	49.60	9.52	472.19	
		50.2	47.2	0.55	48.70	9.68	471.42	
2	Rasio II 0.92	51.3	48.8	0.23	48.5	13.65	662.03	0.029
		48.9	47.3	0.22	46.89	13.6	637.7	
		51.3	48.8	0.22	48.73	13.77	671.01	
3	Rasio III 0.81	51.4	48.4	0.26	48.5	16.81	815.29	0.046
		48.2	46.5	0.29	45.72	17.27	789.58	
		51.3	48.2	0.3	49.75	16.32	811.92	

Gambar 4. 1 Data Pengujian Pada Speed Control I Tanpa Beban

No.	Variasi	Tegangan (V)			Running			Rata-Rata Konsumsi Energi (kWh/km)
		Awal	Akhir	Waktu (jam)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	
1	Rasio I 2.13	50	47.3	0.55	48.65	9.33	453.9	0.052
		52.1	49	0.55	50.55	9.52	481.24	
		52.8	49.5	0.54	51.15	9.68	495.13	
2	Rasio II 0.92	48.9	47.1	0.21	46.49	14.63	680.15	0.029
		52.4	49.8	0.22	49.76	12.93	643.4	
		50.1	46.8	0.22	47.58	13.84	658.51	
3	Rasio III 0.81	48.2	46.3	0.24	45.72	13.76	629.11	0.033
		52.5	49.3	0.23	49.43	14.82	732.55	
		49.5	47.4	0.25	46.92	14.69	689.25	

Gambar 4. 2 Data Pengujian Pada Speed Control II Tanpa Beban



Gambar 4. 3 Konsumsi Energi Sepeda Motor Listrik Konversi Tanpa Beban

Pada Gambar 4.1 Pengujian speed control I tanpa beban dapat dilihat rasio transmisi yang mengkonsumsi energi terendah pada rasio transmisi 0,92 sebesar rata-rata 656.91 W  $\approx$  0,029 kWh/km dengan rata-rata kecepatan maksimal yang didapatkan sebesar 28 km/jam, sementara pada kecepatan dan speed control yang sama konsumsi energi terbesar adalah rasio transmisi 2,13 rata-rata sebesar 464,84 W  $\approx$  0,052 kWh dengan rata-rata kecepatan maksimal yang didapatkan sebesar 10.7 km/jam.

Pada Gambar 4.2 Pengujian speed control II tanpa beban dapat dilihat rasio transmisi yang mengkonsumsi energi terendah pada rasio transmisi 0,92 sebesar rata-rata 660,68 W  $\approx$  0,029 kWh/km dengan rata-rata kecepatan maksimal yang didapatkan sebesar 30,3 km/jam, sementara pada kecepatan dan speed control yang sama konsumsi energi terbesar adalah rasio transmisi 2,13 rata-rata sebesar 476.,76 W  $\approx$  0,052 kWh dengan rata-rata kecepatan maksimal yang didapatkan sebesar 10.7 km/jam.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan pada pengaruh rasio transmisi terhadap konsumsi daya sepeda motor listrik pada jalan mendatar dapat disimpulkan bahwa :

1. Transmisi tanpa penambahan ring diantara memiliki rasio sebesar 0,81, lalu pada penambahan dua ring memiliki rasio sebesar 0,92, sementara penambahan dua belas memiliki rasio sebesar 2,13. Jika melihat pengaruh rasio transmisi pada variasi kecepatan, transmisi tanpa penambahan ring memiliki rasio sebesar 0,81 adalah satu-satunya rasio yang mampu mencapai kecepatan yang paling tinggi. Sehingga dapat dinyatakan melalui pengujian ini, rasio transmisi 0,92 mampu mencapai kecepatan yang lebih tinggi.
2. Sepeda motor listrik dengan beban 70 kg yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian menghasilkan nilai sebesar 0,051 kWh/km dan 0,065 kWh/km pada speed control I dengan rasio 2,13 dan speed control II dengan rasio 0,81. Pada kondisi yang rasio 0,92 mengkonsumsi energi sebanyak 0,046 kWh/km dan 0,040 kWh/km pada speed control satu dan dua. Jika dilihat dari energi yang dikonsumsi pada rasio 0,81 yaitu sebesar 0,051 kWh/km dan 0,053 kWh/km pada speed control I dan II. Sepeda motor listrik tanpa

3. beban yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian menghasilkan nilai sebesar 0,067 kWh/km dan 0,052 kWh/km pada speed control I dan II dengan rasio 2,13. Pada kondisi yang sama rasio 0,92 mengkonsumsi energi sebanyak 0,029 kWh/km dan 0,029 kWh/km pada speed control I dan II. Jika dilihat dari energi yang dikonsumsi pada rasio 2,13 yaitu sebesar 0,046 kWh/km dan 0,033 kWh/km pada speed control I dan II.
  4. Daya paling optimal pada pengujian sepeda motor listrik terdapat pada variasi rasio 0,92 tanpa penambahan beban penumpang dengan konsumsi energi sebesar 0,029 kWh/km. Pada variasi ini, rata-rata waktu yang dibutuhkan sepeda motor untuk menempuh jalan sepanjang 5 km adalah 13,02 menit.
- [7] T. Santi Rahmawati, S. Istiqomah, and W. Sutopo, "A Manufacturer Opening Decision of Electric Motorcycle Conversion Kit Using The Mixed Integer Linear Programming Method."

	<b>I K. Agus Milan Wartama</b> Menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2020 sampai 2024
Bidang penelitian yang diminati yaitu Rekayasa Manufaktur.	

#### Daftar Pustaka

- [1] E. Prasetyo, D. Dahlan, D. Raditya, and N. Fadhlil, "Analisis Pengujian Sepeda Motor Listrik 3 kW Pada Jalan Mendatar dan Menanjak".
- [2] B. Supriyo, S. Ariyono, B. Tjahjono, and B. Sumiyarso, "Electro-mechanical Transmission Ratio Shifter of Rubber Belt Continuously Variable Transmission for Motorcycle Applications," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Nov. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1273/1/012071.
- [3] Book and I. M. Parsa, "MOTOR-MOTOR LISTRIK," 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/323986635>
- [4] B. Bonsen, "Efficiency optimization of the push-belt CVT by variator slip control Citation for," 2006, doi: 10.6100/IR615586.
- [5] V. La Battaglia, A. Giorgetti, S. Marini, G. Arcidiacono, and P. Citti, "Kinematic analysis of v-belt cvt for efficient system development in motorcycle applications," *Machines*, vol. 10, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/machines10010016.
- [6] Y. D. Novita Sari, "Perhitungan Ulang Transmisi Sabuk Dan Puli Alternator Pada Kinetic Flywheel Conversion (KFC) Untuk Memaksimalkan Kerja Alat Di Terminal BBM Surabaya Group-Pertamina Perak," 2018.