

Pengaruh Variasi Kecepatan Dan *Speed Control* Terhadap Konsumsi Energi Sepeda Motor Listrik Konversi Menggunakan *Fixed Belt Transmission*

I Made Dharma Utama Putra, I Made Widiyarta, dan I Made Gatot Karohika

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Indonesia menghasilkan 2,4 miliar ton CO₂ per tahun, dengan sektor transportasi sebagai penyumbang besar emisi. Untuk mengurangi polusi, dilakukan konversi sepeda motor bensin menjadi motor listrik. Penelitian ini menganalisis dampak penggunaan **Fixed Belt Transmission** pada motor listrik hasil konversi. Pengujian dilakukan pada motor Mio Sporty 2006 yang telah menggunakan Fixed Belt Transmission untuk menggantikan peranan CVT. Pengujian dilakukan secara statis dengan tiga kecepatan dan dua mode speed control. Hasilnya, speed control dua lebih hemat energi dibandingkan speed control satu, dengan selisih konsumsi energi 0,001 kWh di tiap kecepatan. Fixed Belt Transmission juga mengurangi getaran dan kebisingan dibandingkan sistem CVT sebelumnya.

Kata Kunci : Sepeda Motor Listrik, Konversi, Fixed Belt Transmisi, Konsumsi Energi, CVT, Efisiensi, Speed Control

Abstract

Indonesia produces 2.4 billion tons of CO₂ per year, with the transportation sector being a significant contributor to emissions. To reduce pollution, gasoline motorcycles are being converted into electric motorcycles. This research analyzes the impact of using **Fixed Belt Transmission** on converted electric motorcycles. Tests were conducted on a 2006 Mio Sporty motorcycle that had been fitted with a Fixed Belt Transmission to replace the CVT. Static tests were performed at three speeds and with two speed control modes. The results show that speed control mode two is more energy-efficient than speed control mode one, with an energy consumption difference of 0,001 kWh at each speed. The Fixed Belt Transmission also reduced vibrations and noise compared to the previous CVT system.

Keywords: Electric motorcycle, Conversion, transmission, Energy consumption, CVT, Efficiency, Speed control.

1. Pendahuluan

Peralihan dari transportasi berbahan bakar fosil ke electric vehicles, terutama sepeda motor, sedang berlangsung. Pergeseran ini menawarkan berbagai keuntungan, seperti pengurangan polusi udara dan suara, Menurut *Potsdam Institute for Climate Impact Research*, Indonesia menimbulkan emisi karbon mencapai 2,4 miliar ton CO₂ setiap tahun, menjadikannya sebagai penghasil emisi terbesar di Asia Tenggara. Sektor transportasi dianggap sebagai salah satu kontributor utama polusi global. Di Indonesia, jumlah sepeda motor dengan mesin pembakaran internal (ICE) terus meningkat setiap tahunnya, hampir tiga kali lipat antara 2007 hingga 2017 dan pada tahun 2025 jumlah kendaraan bermotor khususnya sepeda motor mencapai 139 juta unit.

Dalam menghadapi permasalahan ini, muncul gagasan untuk mengkonversi sepeda motor berbahan bakar bensin menjadi sepeda motor listrik. Dengan konversi ini, kendaraan listrik dapat diproduksi dengan biaya yang lebih terjangkau, sehingga lebih banyak orang, terutama yang berasal dari kalangan ekonomi menengah ke bawah, dapat mengaksesnya. Penelitian ini akan mengikuti

pedoman yang tercantum dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 65 Tahun 2020 tentang konversi sepeda motor berbahan bakar menjadi sepeda motor listrik berbasis baterai.

Dalam penelitian sebelumnya sepeda motor ini telah diubah untuk dijalankan dengan baterai yang berfungsi sebagai sumber energi sepeda motor [1]. Setelah diubah, ada beberapa komponen yang tidak terpakai yang akan dihilangkan, dan ada komponen yang perlu ditambahkan pada sepeda motor untuk menunjang sistem kerja sepeda motor. Dengan menggunakan rasio 0,8 sebagai rasio terbaik pada penelitian sebelumnya didapatkan rata-rata konsumsi energi paling optimal adalah 0,160 kWh dengan speed control satu dan dua. Namun, masih terdapat beberapa kelemahan pada penelitian sebelumnya terutama pada transmisi dengan tiga mekanisme dan masih menggunakan *cranksaft* sehingga menghasilkan getaran yang cukup keras.

Fixed belt transmission digunakan untuk menggantikan peranan CVT pada penelitian ini untuk menyesuaikan sistem kerja motor BLDC. Penggantian sistem CVT menggunakan *Fixed Belt*

Transmission diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan performa dari sepeda motor listrik konversi melalui pengujian dengan variasi kecepatan dan *speed control* yang berbeda.

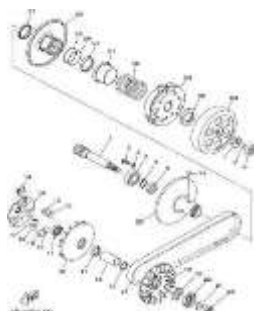
2. Dasar Teori

2.1 Sepeda Motor Listrik Konversi

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].

2.2 Continuously Variable Transmission

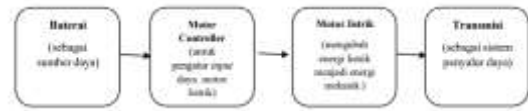
CVT adalah jenis transmisi dengan rasio yang dapat berubah-ubah secara tak terbatas, memungkinkan penggunaan daya dari pembakaran bahan bakar menjadi lebih efisien. CVT adalah transmisi otomatis yang beroperasi dengan dua pulley yang dihubungkan oleh V-belt. Kedua pulley ini memainkan peran penting dalam sistem CVT, karena diameternya dapat berubah secara otomatis ketika mesin bergerak cepat, menghasilkan gaya sentrifugal pada roller dan centrifugal [3].



Gambar 1. Bagian-Bagian CVT

2.3 Komponen Penting Pada Sepeda Motor Listrik

Komponen penting pada sepeda motor listrik dilihat secara garis besar dimulai dari sumber energi sampai pada akhirnya sepeda motor mampu berakselerasi. Gambar 1 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. [3]



Gambar 2. Komponen Penting Sepeda Motor Listrik Konversi

2.4 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.

2.5 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 [4].

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 motor 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 yang 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 kerusakan sebelum waktunya rusak [5].

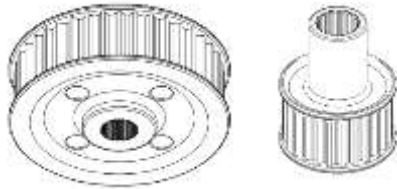
2.7 Speed Control

Speed control merujuk pada tingkat pengaturan daya dan kecepatan maksimal yang dapat dihasilkan oleh motor listrik. *Speed control* satu memprioritaskan efisiensi energi dan jarak tempuh yang lebih jauh dengan karakteristik akselerasi lebih lambat, kecepatan maksimal terbatas, konsumsi energi lebih rendah, dan pengendalian yang santai. *Speed control* dua memprioritaskan keseimbangan

antara performa dan efisiensi dengan karakteristik akselerasi lebih responsif dari *speed control* satu, kecepatan maksimal lebih tinggi, konsumsi energi sedang, dan cocok digunakan untuk pengendaraan normal.

2.8 Fixed Belt Transmission

Fixed Belt Transmission adalah sebuah transmisi yang memiliki rasio tetap yang mampu membuat daya yang dihasilkan dari motor listrik diteruskan ke roda dengan lebih efektif. *Fixed Belt Transmission* adalah transmisi yang cara kerjanya menggunakan bantuan dari dua buah *pulley* yang berperan sebagai *driver pulley* dan *driven pulley* yang menyerupai gear dan dihubungkan dengan *belt*. Kedua *pulley* dari transmisi memiliki diameter dan jumlah *teeth* atau gigi yang berbeda untuk menghasilkan perbedaan rasio. Contoh dari *Fixed Belt Transmission* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Primary Pulley dan Secondary Pulley Fixed Belt Transmission

3. Metode Penelitian

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

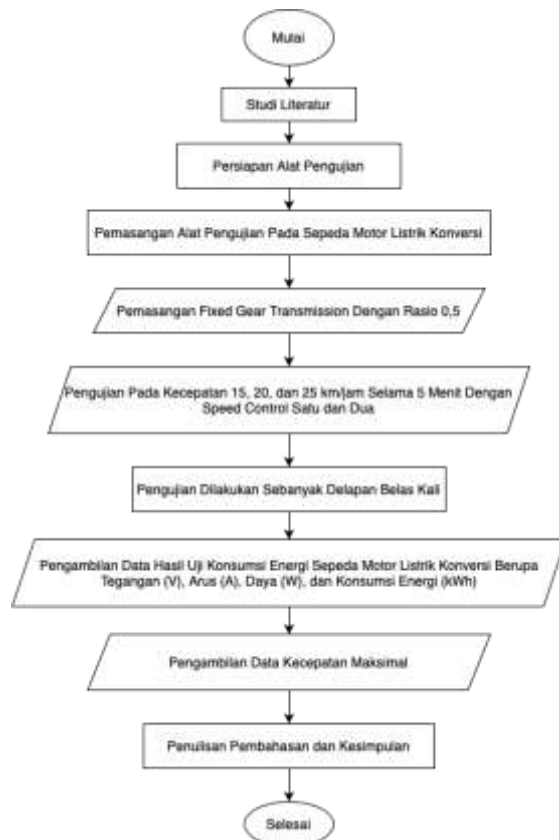
3.1 Alat

1. *Throttle Lock*
2. Multimeter Digital
3. Tachometer
4. Dudukan Uji Statis

3.2. Bahan

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

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.4. Metode Uji

Sepeda motor listrik konversi ditempatkan pada alat pengujian statis kemudian multimeter akan dipasang secara paralel pada baterai dan controller dan aplikasi e-test digunakan untuk memantau tegangan, arus, dan daya pada multimeter. Akselerator memberi input pada controller untuk mensuplai tegangan pada motor BLDC agar beroperasi pada range kecepatan yang ditentukan. Daya dari motor BLDC ditransmisikan pada roda dengan menggunakan fixed belt transmission. Tachometer akan digunakan untuk mengukur putaran dari roller pengujian statis yang berupa RPM yang kemudian akan dikonversi untuk mengetahui kecepatan dalam km/jam.

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar energi yang dikonsumsi sepeda motor listrik konversi dengan digunakannya *Fixed Belt Transmission* sebagai pengganti CVT pada penelitian sebelumnya. Tahap pertama dari penelitian ini adalah menghitung kecepatan yang dikonversi menjadi RPM, kemudian pengujian konsumsi energi sepeda motor listrik

konversi dilakukan dengan total 18 kali pengujian.

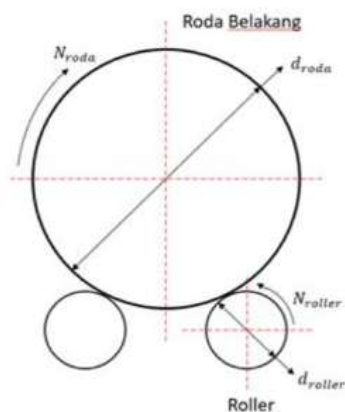
4.1 Konversi Kecepatan Menjadi RPM

Kecepatan yang diuji sebesar 15 km/jam, 20 km/jam, dan 25 km/jam, maka RPM dapat dihitung :

Diketahui, dengan diameter roda (d) 0,49 meter, panjang roda satu kali putaran dapat dihitung dengan menghitung keliling roda seperti berikut:

$$\begin{aligned} K_o &= \pi \times d \\ &= 3,14 \times 0,49\text{m} \\ &= 1,539\text{m} \end{aligned} \quad (1)$$

Untuk menghitung RPM pada *roller*, terlebih dahulu harus mengkonversi kecepatan (km/jam) kedalam RPM roda, sehingga RPM pada *roller* dapat dihitung seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Kontak Roda Belakang Dengan Roller

4.2 Perhitungan RPM Roller Kecepatan 15 km/jam

Motor dengan kecepatan 15 km/jam dirubah kedalam bentuk meter per menit : 15 km/jam = 250 meter/menit.

$$N_1 = \frac{\text{jarak tempuh motor 1 menit}}{\text{satu putaran roda}} = 162,44 \text{ RPM} \quad (2)$$

Dengan diameter *roller* 0,116m, kita bisa menghitung RPM *roller* dengan membandingkan diameter dan RPM antara roda

dan *roller*. Perhitungan RPM *roller* pada kecepatan 15 km/jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_{\text{roller}} \times d_{\text{roller}} &= d_{\text{roda}} \times N_{\text{roda}} \\ N_{\text{roller}} &= \frac{d_{\text{roda}}}{d_{\text{roller}}} \times N_{\text{roda}} \\ N_{\text{roller}} &= \frac{0,49}{0,116} \times 162,44 \text{ RPM} \\ N_{\text{roller}} &= 686 \text{ RPM} \end{aligned} \quad (3)$$

4.3 Perhitungan RPM Roller Kecepatan 20 km/jam

Motor dengan kecepatan 20 km/jam dirubah kedalam bentuk meter per menit : 20 km/jam = 333,333 meter/menit.

$$N_1 = \frac{\text{jarak tempuh motor 1 menit}}{\text{satu putaran roda}} = 217 \text{ RPM} \quad (4)$$

Dengan diameter *roller* 0,116m, kita bisa menghitung RPM *roller* dengan membandingkan diameter dan RPM antara roda dan *roller*. Perhitungan RPM *roller* pada kecepatan 20 km/jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_{\text{roller}} \times d_{\text{roller}} &= d_{\text{roda}} \times N_{\text{roda}} \\ N_{\text{roller}} &= \frac{d_{\text{roda}}}{d_{\text{roller}}} \times N_{\text{roda}} \\ N_{\text{roller}} &= \frac{0,49}{0,116} \times 217 \text{ RPM} \\ N_{\text{roller}} &= 913 \text{ RPM} \end{aligned} \quad (5)$$

4.4 Perhitungan RPM Roller Kecepatan 25 km/jam

Motor dengan kecepatan 25 km/jam dirubah kedalam bentuk meter per menit : 25 km/jam = 416,67 meter/menit.

$$N_1 = \frac{\text{jarak tempuh motor 1 menit}}{\text{satu putaran roda}} = 270,74 \text{ RPM} \quad (6)$$

Dengan diameter *roller* 0,116m, kita bisa menghitung RPM *roller* dengan membandingkan diameter dan RPM antara roda dan *roller*. Perhitungan RPM *roller* pada kecepatan 25 km/jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_{\text{roller}} \times d_{\text{roller}} &= d_{\text{roda}} \times N_{\text{roda}} \\ N_{\text{roller}} &= \frac{d_{\text{roda}}}{d_{\text{roller}}} \times N_{\text{roda}} \\ N_{\text{roller}} &= \frac{0,49}{0,116} \times 270,74 \text{ RPM} \\ N_{\text{roller}} &= 1.143 \text{ RPM} \end{aligned} \quad (7)$$

4.5 Data Pengujian *Speed Control* Satu & Dua Dengan Kecepatan 15km/jam

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa pada kecepatan 15 km/jam yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian menghasilkan nilai rata-rata konsumsi energi sebesar 0,016 kWh pada *speed*

control satu dan 0,015 kWh pada *speed control* dua. Hal ini memperlihatkan bahwa pengujian pada kecepatan 15 km/jam dengan *speed control* dua memperlihatkan konsumsi energi yang relative lebih kecil dari pada *speed control* satu.

Speed Control Satu Dengan Kecepatan 15 km/jam		Speed Control Dua Dengan Kecepatan 15 km/jam	
Pengujian Ke-	Energi Yang Dikonsumsi (kWh)	Pengujian Ke-	Energi Yang Dikonsumsi (kWh)
1	0,015	1	0,014
2	0,016	2	0,014
3	0,019	3	0,017
Average	0,016	Average	0,015

Gambar 7. Data Pengujian Pada Kecepatan 15km/jam

4.6 Data Pengujian *Speed Control* Satu & Dua Dengan Kecepatan 20km/jam

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa pada kecepatan 20 km/jam yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian menghasilkan nilai rata-rata konsumsi energi sebesar 0,021 kWh pada *speed*

control satu dan 0,020 kWh pada *speed control* dua. Hal ini memperlihatkan bahwa pengujian pada kecepatan 20 km/jam dengan *speed control* dua memperlihatkan konsumsi energi yang relative lebih kecil dari pada *speed control* satu.

Speed Control Satu Dengan Kecepatan 20 km/jam		Speed Control Dua Dengan Kecepatan 20 km/jam	
Pengujian Ke-	Energi Yang Dikonsumsi (kWh)	Pengujian Ke-	Energi Yang Dikonsumsi (kWh)
1	0,019	1	0,019
2	0,019	2	0,019
3	0,023	3	0,022
Average	0,021	Average	0,020

Gambar 8. Data Pengujian Pada Kecepatan 20km/jam

4.7 Pengujian *Speed Control* Satu & Dua Dengan Kecepatan 25km/jam

Pada Gambar 9 memperlihatkan bahwa pada kecepatan 25 km/jam yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian menghasilkan nilai rata-rata konsumsi energi sebesar 0,025 kWh

pada *speed control* satu dan 0,024 kWh pada *speed control* dua. Hal ini memperlihatkan bahwa pengujian pada kecepatan 20 km/jam dengan *speed control* dua memperlihatkan konsumsi energi yang relative lebih kecil dari pada *speed control* satu.

Speed Control Satu Dengan Kecepatan 25 km/jam		Speed Control Dua Dengan Kecepatan 25 km/jam	
Pengujian Ke-	Energi Yang Dikonsumsi (kWh)	Pengujian Ke-	Energi Yang Dikonsumsi (kWh)
1	0,023	1	0,022
2	0,024	2	0,023
3	0,028	3	0,027
Average	0,025	Average	0,024

Gambar 9. Data Pengujian Pada Kecepatan 25km/jam

4.8 Grafik Perbandingan Pada Kecepatan 15km/jam, 20km/jam, 25km/jam



Gambar 10. Grafik Perbandingan Variasi Kecepatan dan Speed Control

Pada Gambar 10 dapat dilihat pada diagram batang secara umum, data menunjukkan peningkatan kecepatan secara langsung menyebabkan peningkatan konsumsi energi pada kedua *speed control*. Namun, ketika membandingkan kedua mode tersebut, *speed control* dua secara konsisten lebih hemat energi di setiap skenario kecepatan yang diuji. Perbandingan data pada setiap kecepatan menunjukkan perbedaan efisiensi yang konsisten. Pada kecepatan terendah 15 km/jam, *speed control* satu mengonsumsi energi sebesar 0,016 kWh, sementara *speed control* dua hanya mengonsumsi 0,015 kWh, menjadikannya 0,001 kWh lebih hemat. Hal ini berlanjut saat kecepatan ditingkatkan menjadi 20 km/jam, di mana konsumsi energi untuk *speed control* satu adalah 0,021 kWh berbanding 0,020 kWh untuk *speed control* dua, kembali menunjukkan keunggulan efisiensi sebesar 0,001 kWh pada *speed control* dua. Pada kecepatan tertinggi yang diuji, yaitu 25 km/jam, *speed control* dua tetap lebih unggul dengan konsumsi energi 0,024 kWh, sedikit lebih rendah dibandingkan *speed control* satu yang mencatatkan konsumsi sebesar 0,025 kWh. Dari pengujian yang telah dilakukan, *speed control* dua tidak selalu mengonsumsi energi lebih besar dari *speed control* satu, hal ini disebabkan oleh daya yang fluktuatif yang menyebabkan kemungkinan bahwa *speed control* satu menjadi lebih besar dari pada *speed control* dua dan oleh karena itu konsumsi energi juga dapat dinyatakan dipengaruhi oleh performa *controller*. Dari analisis perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa meskipun perbedaan absolut pada setiap titik data hanya 0,001 kWh, *speed control* dua secara konsisten merupakan mode yang lebih efisien untuk sepeda motor listrik konversi ini.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian konsumsi energi sepeda motor listrik konversi setelah digunakannya Fixed Belt Transmission, terdapat kesimpulan yang menjawab dari penelitian ini adalah :

Dilihat dari hasil pengujian, juga diagram batang pada pembahasan dapat dinyatakan pada penelitian ini, *speed control* dua secara konsisten merupakan mode yang lebih efisien untuk sepeda motor listrik konversi ini. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan *speed control* memiliki dampak terukur pada efisiensi energi, di samping faktor utama yaitu kecepatan berkendara.

Daftar Pustaka

- [1] Athar J, Alward V, Widiyarta M, Wayan I, Darma A, Widhiada W, Gede S, Tista G, Astika M. 2024. Konsumsi Energi Konversi Sepeda Motor Listrik Dengan Fixed Belt Transmission Pada Kecepatan 30 km/jam. Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, 143-147.
- [2] Nyoman, I Bagia; Made, I Parsa. 2018. Motor-Motor Listrik. CV. Rasi Terbit, Cetakan 1, 2018.
- [3] La Battaglia, Vincenzo; Giorgetti, Alessandro; Marini, Stefano; Arcidiano, Gabriele; Citti, Paolo. 2022. Kinematic Analysis of V-Belt CVT for Efficient System Development in Motorcycle Application. Machines 2022, 10, 16.
- [4] Supriyo, Bambang; Aryono, Sugeng; Tjahjono, Bambang; Sumiyarso, Bambang. 2019. Electro-mechanical Transmission Ratio Shifter of Rubber Belt Continuously Variable Transmission for Motorcycle Applications. IOP Publishing, Conf. Ser, 1237 012071.
- [5] Zainuri, Fuad; Hidayat, Muhammad Tullah; Nuriskasari, Isnanda; Subarkah, Rahmat; Widiyatmoko; Prasetya, Sonki; Susanto, Iwan; Belyamin; Azis, Abdul Abdillah. 2022. Performa Kendaraan Konversi Listrik Melalui Pengujian Dynotest. Jurnal Mekanik Terapan Vol. 03, No. 02, (2022), Hal. 044-049.

	I Made Dharma Utama Putra Menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2021 sampai 2025 dengan mengambil studi topik penelitian di bidang Manufaktur yang berfokus dalam Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan dan Speed Control Terhadap Konsumsi Energi Sepeda Motor Listrik Konversi Menggunakan Fixed Belt Transmission.
Bidang penelitian yang diminati yaitu Rekayasa Manufaktur.	