

## Simulasi Perbandingan Motor Listrik dengan Mesin Pembakaran Dalam sebagai Penggerak Sepeda Motor CVT

Muhammad Zayyana Abdussalam<sup>1</sup>, Nu Rhahida Arini<sup>2</sup>, Novie Ayub Windarko<sup>3</sup>

zayyana@pasca.student.pens.ac.id<sup>1</sup>, arini@pens.ac.id<sup>2</sup>, ayub@pens.ac.id<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Elektro Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

### Informasi Artikel

Diterima : 16 Feb 2024  
Direvisi : 4 Jan 2025  
Disetujui : 7 Feb 2025

### Kata Kunci

Motor listrik, Konversi kendaraan listrik, Kinerja kendaraan, Simulasi komputer

### Abstrak

Konversi kendaraan BBM menjadi kendaraan listrik membutuhkan motor listrik dengan daya yang mampu menyetarai mesin BBM bawaan kendaraan tersebut. Beberapa percobaan konversi sepeda motor CVT menggunakan penggerak motor BLDC menghasilkan kendaraan listrik dengan kecepatan tertinggi sekitar 40 km/jam. Penelitian ini menggunakan simulasi komputer untuk membandingkan kinerja motor listrik dengan mesin pembakaran dalam berbahan bakar bensin. Hasil menunjukkan bahwa kinerja kendaraan BBM mengungguli kendaraan listrik di mana beban total kendaraan sebesar 200 kg menyerap daya hingga sekitar 4,9 kW bagi kendaraan BBM dan 2,8 kW bagi kendaraan listrik serta kecepatan tempuh tertinggi 63 km/jam bagi kendaraan BBM dan 53 km/jam bagi kendaraan listrik. Hasil tersebut menjadi setara ketika penggerak keduanya memiliki *input* sama di mana daya terserap mencapai 2,7 kW dan kecepatan tempuh tertinggi hingga 50 km/jam.

### Keywords

*Electric motor, Electric vehicle conversion, Vehicle performance, Computer simulation*

### Abstract

*Fuel vehicle conversion to electric vehicle requires electric motor with power equivalently to the vehicle's fuel engine. Some CVT motorcycle conversion experiment using BLDC motor propulsion resulting 40 km/hour maximum velocity electric vehicle. This study uses computer simulations to compare the performance of electric motor and gasoline fueled internal combustion engine. The results show that fuel vehicle performance overthrow electric vehicle where 200 kg total vehicle mass absorbing power about 4,9 kW for fuel vehicle and 2,8 kW for electric vehicle then 63 km/hour maximum velocity for fuel vehicle and 53 km/hour for electric vehicle. Those result become equal when both propulsion have equal input where absorbed power reach 2,7 kW and maximum velocity reach 50 km/hour.*

## A. Pendahuluan

Teknologi kendaraan listrik yang semakin maju memunculkan peluang pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM). Salah satu pendekatan adalah konversi kendaraan BBM menjadi kendaraan listrik. Beragam kendaraan listrik terkini memasang langsung motor listrik BLDC (*Brushless Direct Current*) di poros roda (*hub-drive*) untuk mengurangi kerugian transmisi. Pendekatan ini memiliki keterbatasan pengaturan daya dan ruang di atas roda.

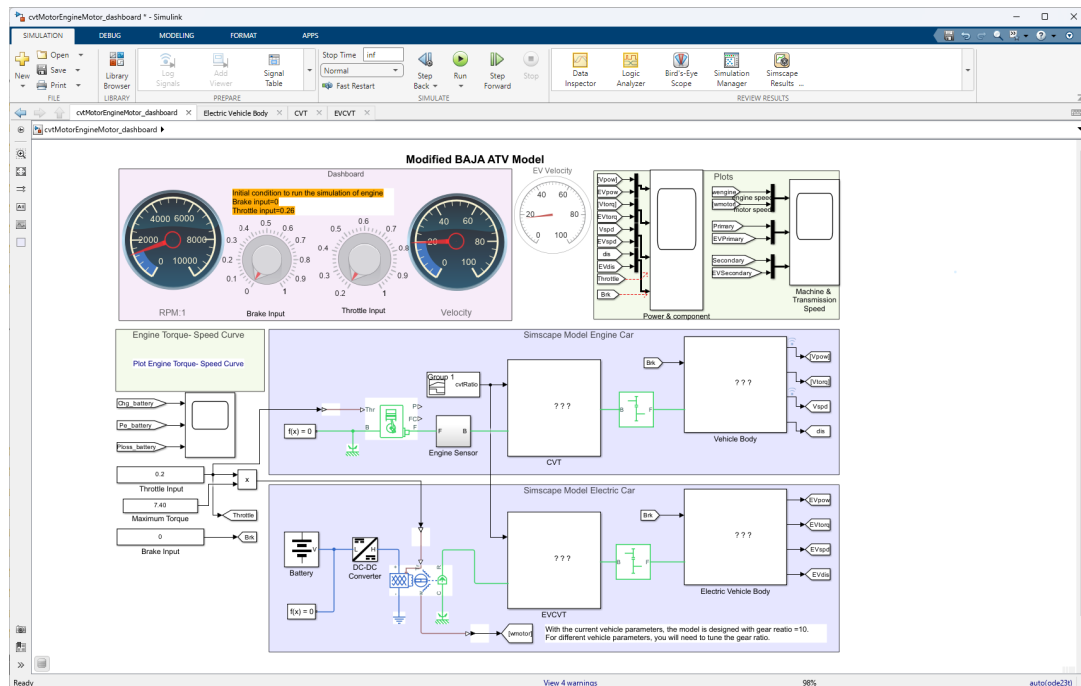
Cara lain adalah konfigurasi *mid-drive*, di mana motor listrik terhubung transmisi kendaraan sehingga memungkinkan adaptasi lebih mudah pada rangkaian kendaraan BBM menjadi kendaraan listrik. Studi sebelumnya dalam konversi sepeda motor menunjukkan bahwa meskipun konversi ini berhasil mengurangi emisi polusi, kinerja kendaraan listrik seringkali berada di bawah sepeda motor BBM, terutama dalam kecepatan dan daya jelajah [1][2].

Keterbatasan lain adalah jumlah SPKLU (Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum) untuk menciptakan ekosistem KBLBB (Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai) belum memadai [3]. Beberapa upaya konversi KBLBB roda dua berkonfigurasi *mid-drive* dari 1 kW hingga 3 kW menunjukkan kecepatan tempuh ketika berpenumpang sekitar 40 km/jam, [4][5][6][7][8][9][10]. Adapun kendaraan segala medan (*All-Terrain Vehicle*) listrik yang menggunakan pendorong serupa sepeda motor listrik dapat mencapai 57,7 km/jam. Percobaan serupa diterapkan pada mobil listrik bertransmisi CVT hanya berhasil mencapai 23,17 km/jam [11].

Dengan beragamnya hasil dari percobaan dan produk konversi yang masih terbatas ketersediaan perangkat keras, simulasi yang dikerjakan ini bertujuan merekayasa parameter perangkat keras secara bebas dalam komputasi.

## B. Metode Penelitian

Simulasi dilakukan menggunakan model kendaraan segala medan/*All-Terrain Vehicle* (ATV) dengan transmisi CVT. Percobaan berikut merupakan pembaruan dari [12] dengan sedikit perbedaan pada *Maximum power* dan *Input type* pada blok penggerak (*Generic Engine* dan *Motor & Drive*). Model pertama berbasis mesin BBM [13], sedangkan model kedua berbasis motor listrik [14]. Tampak pada Gambar 1 bahwa kedua simulasi digabung menjadi satu *input* dengan *output* masing-masing. *Input* utama sebagai sumber adalah tarikan/*throttle* yang dapat diubah dari nilai 0,2 hingga 1 dan dilengkapi *input* pendukung yaitu rem/*brake*.



**Gambar 1.** Dashboard Simulink sepeda motor.

Gaya gerak kendaraan ( $F_{kend}$ ) diketahui dari membagi torsi roda ( $T_{roda}$ ) dengan jari-jari roda ( $r_{roda}$ ) namun tidak ditampilkan dalam simulasi karena pembacaan *output* utama adalah daya kendaraan ( $P_{kend}$ ) dan *output* pendukung yang dicari yaitu kecepatan kendaraan ( $v_{kend}$ ).

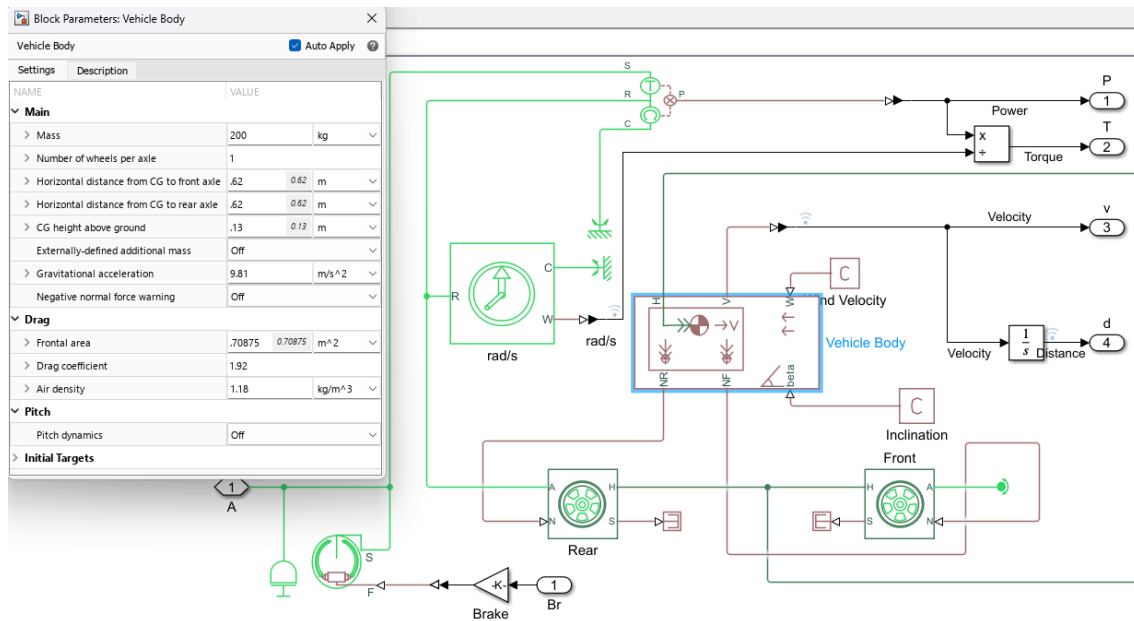
$$F_{kend} = T_{roda} / r_{roda} \quad (1)$$

$$v_{kend} = P_{kend} / F_{kend} \quad (2)$$

Nilai-nilai aerodinamika untuk kedua model ditampilkan pada Tabel 1 mengikuti nilai dari simulasi ATV sedangkan besaran fisik mengikuti spesifikasi kendaraan roda dua bertransmisi CVT [15]. Blok *Vehicle Body* di Gambar 2 menampakkan penempatan nilai-nilai dari Tabel 1 serta [15]. Beberapa besaran yang mempengaruhi perhitungan aerodinamika yaitu luas perkenaan yang diterpa angin ( $A_{kend}$ ), massa kendaraan termasuk mesin/motor beserta penumpang ( $m_{kend}$ ), dan kerapatan udara ( $\rho$ ).

**Tabel 1.** Nilai *Vehicle Body* pada Simulink.

| No | Parameter                                             | Simulink                                  | Nilai                  |
|----|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
| 1  | Koefisien hambat udara ( $C_F$ )                      | Drag coefficient                          | 0,192                  |
| 2  | Luas perkenaan ( $A_{kend}$ )                         | Frontal area                              | 0,70875 m <sup>2</sup> |
| 3  | Kerapatan udara ( $\rho$ )                            | Air density                               | 1,18 kg/m <sup>3</sup> |
| 4  | Massa kendaraan ( $m_{kend}$ )                        | Mass                                      | 200 kg                 |
| 5  | Percepatan gravitasi ( $g$ )                          | Gravitational acceleration                | 9,81 m/s <sup>2</sup>  |
| 6  | Jumlah roda tiap poros                                | Number of wheels per axle                 | 1                      |
| 7  | Jarak mendatar dari pusat gravitasi ke poros depan    | Horizontal distance from CG to front axle | 0,62 m                 |
| 8  | Jarak mendatar dari pusat gravitasi ke poros belakang | Horizontal distance from CG to rear axle  | 0,62 m                 |
| 9  | Tinggi pusat gravitasi dari tanah                     | CG height above ground                    | 0,7 m                  |



**Gambar 2.** Mengubah nilai dalam blok *Vehicle Body*.

Penggerak pada dua model kendaraan yang berbeda karakteristik memiliki persamaan *output* berupa putaran. Perbedaan lain adalah *input port* di mana *Generic Engine* bisa menerima *input* nilai antara 0 hingga 1 atau *Normalized throttle*, sedangkan *Motor & Drive* hanya menerima *input* berupa nilai *torque*.

**Tabel 2.** Nilai *Generic Engine* dan *Motor & Drive* pada Simulink.

| No | Parameter                                                                                    | Simulink                              | Nilai    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|
| 1  | Daya tertinggi mesin/motor ( $P_{motor}$ )                                                   | Maximum power                         | 6 kW     |
| 2  | Torka tertinggi mesin/motor ( $T_{motor}$ )                                                  | Maximum torque                        | 7,4 Nm   |
| 3  | Kecepatan putar mesin-pada daya tertinggi- /motor-pada efisiensi yang diukur- ( <i>rpm</i> ) | Speed at maximum power /              | 6500 rpm |
|    |                                                                                              | Speed at which efficiency is measured |          |

Gambar 3 menampilkan penerapan nilai spesifikasi dari Tabel 2 untuk diterapkan pada blok *Generic Engine* dan *Motor & Drive* dengan penyesuaian beberapa parameter mengikuti [15]. Dalam simulasi ini kendaraan dianggap tidak membutuhkan penyimpanan daya sehingga dapat melaju selama simulasi berjalan.

| Block Parameters: Generic Engine |                                      |                                                |
|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| Generic Engine                   |                                      | <input checked="" type="checkbox"/> Auto Apply |
| Settings                         | Description                          |                                                |
| NAME                             | VALUE                                |                                                |
| ▼ Engine Specifications          |                                      |                                                |
| Input type                       | Normalized throttle                  |                                                |
| Model parameterization           | Normalized 3rd-order polynomial      |                                                |
| Engine type                      | Spark-ignition                       |                                                |
| > Maximum power                  | 6                                    | kW                                             |
| > Speed at maximum power         | 6500                                 | rpm                                            |
| > Maximum speed                  | 8000                                 | rpm                                            |
| > Stall speed                    | 2500                                 | rpm                                            |
| > Stall speed threshold          | 2000                                 | rpm                                            |
| ▼ Dynamics                       |                                      |                                                |
| Inertia                          | Specify inertia and initial velocity |                                                |
| > Engine inertia                 | 0.008                                | kg*m^2                                         |
| > Initial velocity               | 1750                                 | rpm                                            |
| Time constant                    | No lag - Suitable for HIL simulation |                                                |
| ▼ Fuel Consumption               |                                      |                                                |
| Fuel consumption model           | No fuel consumption                  |                                                |
| > Speed Control                  |                                      |                                                |

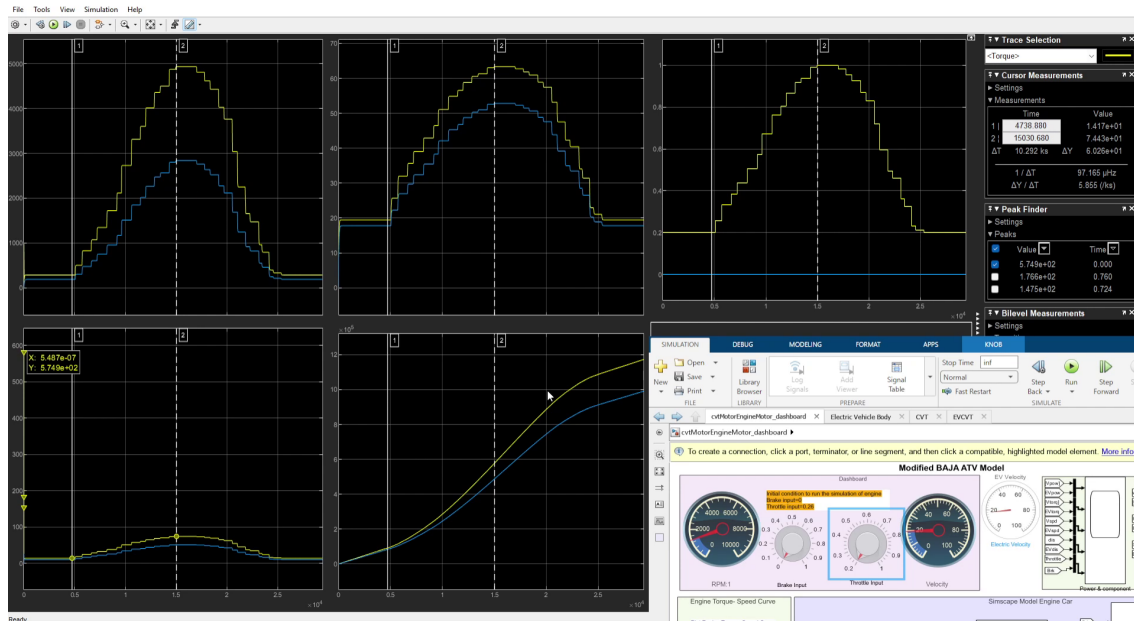
| Block Parameters: Motor & Drive                 |             |                                                |
|-------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|
| Motor & Drive                                   |             | <input checked="" type="checkbox"/> Auto Apply |
| Settings                                        | Description |                                                |
| NAME                                            | VALUE       |                                                |
| ▼ Parameters                                    |             |                                                |
| > Maximum torque                                | 7.4         | N*m                                            |
| > Maximum power                                 | 6           | kW                                             |
| > Torque control time constant, Tc              | 0.2         | s                                              |
| > Motor and driver overall efficiency (percent) | 100         |                                                |
| > Speed at which efficiency is measured         | 6500        | rpm                                            |
| > Torque at which efficiency is measured        | 8           | N*m                                            |
| Thermal port                                    | Omit        |                                                |

**Gambar 3.** Cuplikan parameter dalam blok *Generic Engine* dan *Motor & Drive*.

Analisa hasil simulasi berdasarkan grafik yang menampilkan hubungan antara daya dan kecepatan kendaraan pada berbagai nilai tarikan. Percobaan pertama diamati ketika *Input type Generic Engine* menggunakan *Normalized throttle*, sedangkan percobaan kedua mengamati keluaran ketika *Generic Engine* menerima *Input type Torque command*.

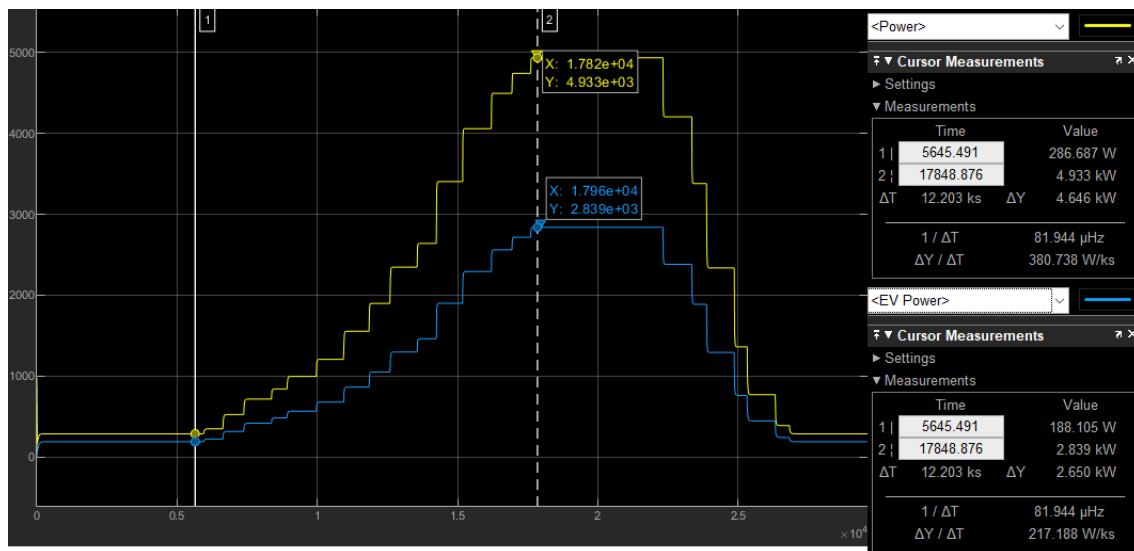
### C. Hasil dan Pembahasan

Simulasi Gambar 4 menyajikan hasil pengukuran kinerja masing-masing kendaraan, terutama daya kendaraan ( $P_{kend}$ ) dan kecepatan kendaraan ( $v_{kend}$ ) terhadap waktu simulasi. *Input* berupa *throttle* dan *brake* terdapat pada kotak kanan atas, sedangkan *output* berupa kinerja di 4 kotak sebelah kiri. Kinerja kendaraan BBM ditampilkan kurva kuning, sedangkan kinerja kendaraan listrik ditampilkan kurva biru, kecuali pada kotak input menggunakan kurva kuning untuk *throttle* dan kurva biru untuk *brake*.



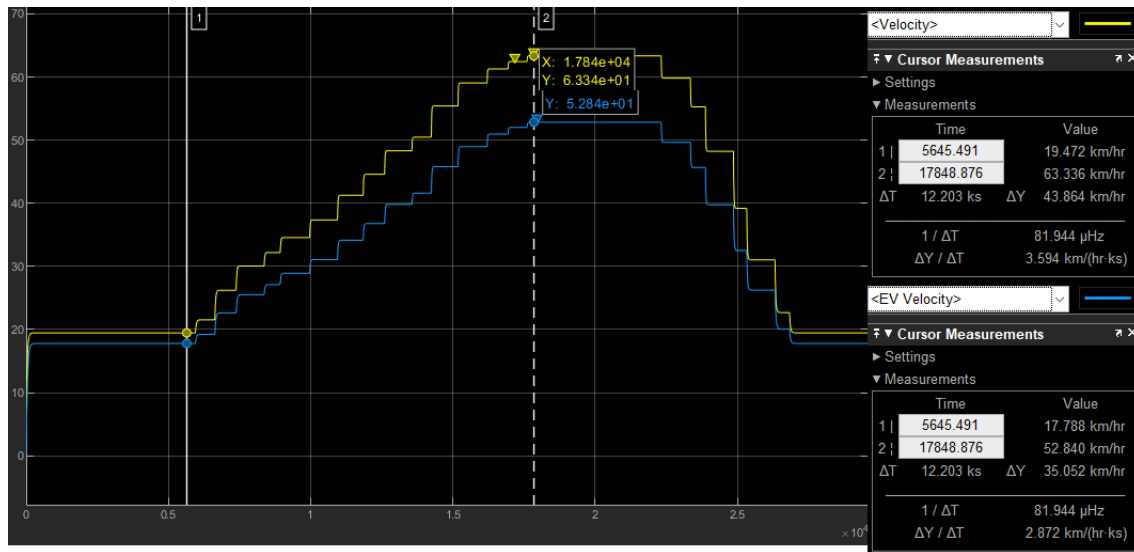
**Gambar 4.** Hasil pembacaan simulasi kendaraan BBM dan listrik.

Gambar 5 menyoroti  $P_{kend}$  yang dihasilkan oleh kendaraan BBM dan kendaraan listrik. Daya maksimum kendaraan BBM mencapai 4,933 kW sehingga lebih tinggi dibanding kendaraan listrik yang hanya 2,839 kW.



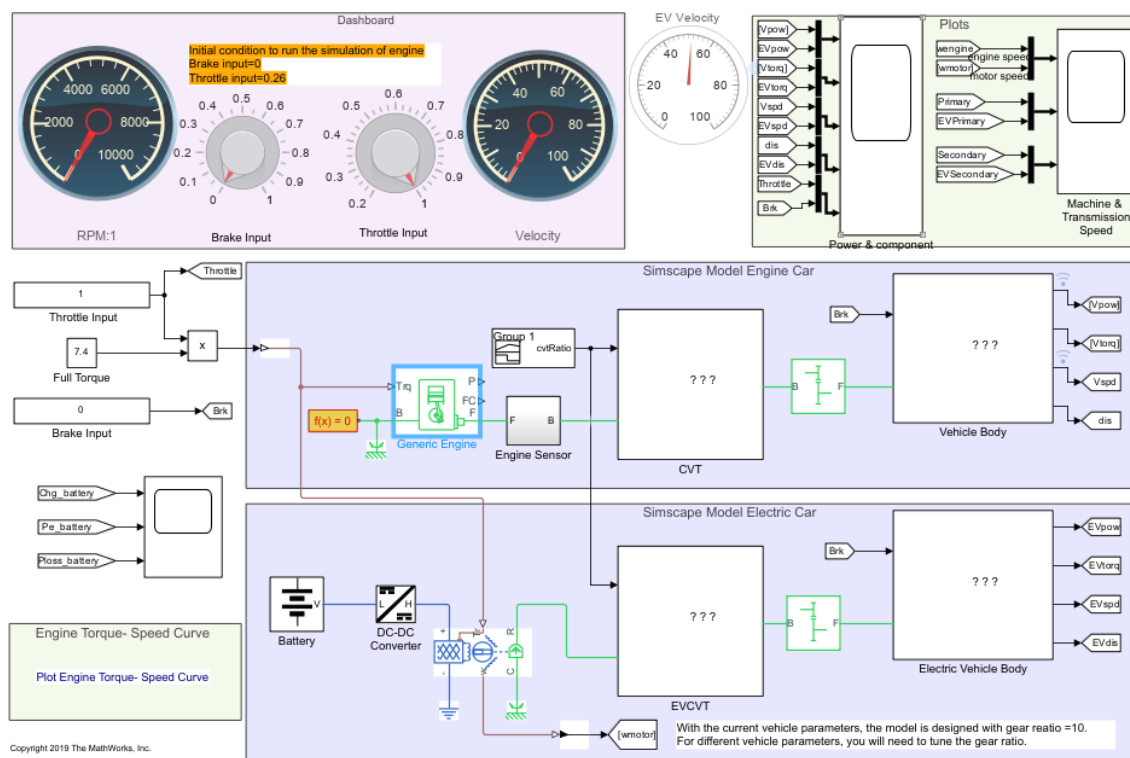
**Gambar 5.** Keluaran daya kendaraan BBM dan listrik.

Gambar 6 menampilkan grafik  $v_{kend}$  yang dihasilkan selama simulasi. Kendaraan BBM mampu mencapai 63,336 km/jam sedangkan kendaraan listrik 52,840 km/jam. Kecepatan maksimum kendaraan listrik menunjukkan karakteristik torsi yang menurun.



**Gambar 6.** Keluaran kecepatan kendaraan BBM dan listrik.

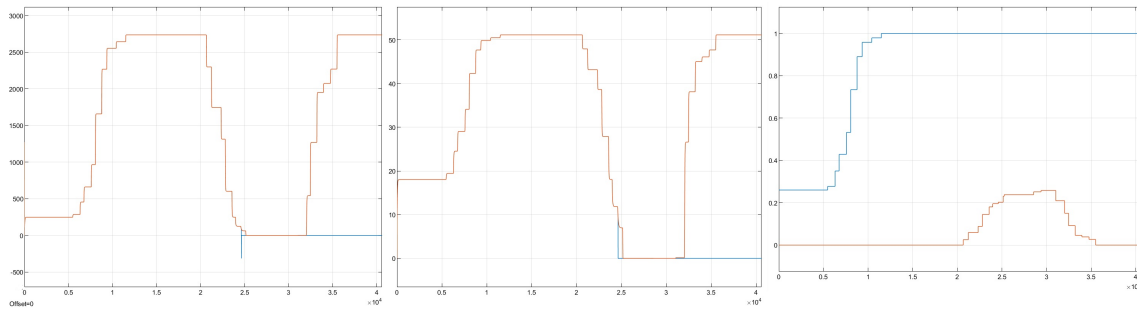
Setelah mendapatkan hasil ketika *Generic Engine* menggunakan *Input type* berupa *Normalized throttle*, percobaan selanjutnya dilakukan ketika *Generic Engine* menggunakan *Input type* berupa *Torque command*. Sehingga blok *Motor & Drive* dan *Generic Engine* sama-sama menerima input berupa nilai torka.



**Gambar 7.** Dashboard Simulink untuk *input throttle* serupa.

Percobaan menggunakan jenis *input* serupa memberikan hasil keluaran yang sama. Perbedaan yang nampak hanya karakter ketika dilakukan pengereman, di mana motor listrik akan berjalan kembali setelah direm sedangkan mesin bakar mati total. Tampak pada Gambar 8 di mana kolom kiri menampilkan  $P_{kend}$  dan

kolom tengah menampilkan  $v_{kend}$ . Kurva warna merah adalah hasil dari kendaraan listrik dan warna biru adalah hasil kendaraan BBM, kecuali pada kolom kanan untuk menampilkan kurva *throttle* berwarna biru dan kurva *brake* berwarna merah. Kedua model kendaraan sama-sama mencapai daya tertinggi sekitar 2,7 kW dan kecepatan tertinggi hingga 50 km/jam. Yang tampak membedakan adalah kemampuan kendaraan listrik melaju kembali setelah *brake* dinaikkan hingga menghentikan kedua kendaraan kemudian dinolkan.



**Gambar 8.** Grafik percobaan *input throttle* serupa.

Simulasi hanya menampilkan hasil secukupnya sehingga tidak sepenuhnya memberi gambaran utuh dari kejadian aktual yang tentu membutuhkan beragam pembacaan yang lebih rumit daripada sekedar  $P_{kend}$  dan  $v_{kend}$ . Di antaranya penyimpanan daya terbatas seperti baterai maupun tanki bahan bakar sehingga tidak memungkinkan pembacaan kemampuan tempuh dari penyimpanan daya penuh sampai habis. Tetapi dari simulasi dapat diketahui kemungkinan yang bisa dicapai seandainya motor listrik untuk kendaraan memiliki daya dan ukuran setara mesin BBM.

#### D. Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja kendaraan BBM lebih unggul dibandingkan kendaraan listrik dalam simulasi kendaraan roda dua dengan transmisi CVT. Namun, kendaraan listrik memiliki keunggulan dalam potensi pengurangan emisi jika tidak menggunakan sumber daya BBM. Penelitian saat ini mungkin belum menciptakan motor listrik yang dapat memiliki kinerja setinggi mesin BBM, namun simulasi telah menunjukkan kemungkinan kendaraan listrik dapat mendekati atau bahkan melampaui kinerja kendaraan BBM jika diberi nilai sama.

#### E. Referensi

- [1] A.I. Firmansyah, N.K. Supriatna, & Y. Gunawan, "Performance Testing of Electric Motorcycle Conversion," *International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT)*, hal. 165-168, 14-16 September 2022, Bali, Indonesia.
- [2] L.A. Mahardika, Driver Ojol Bongkar Alasan Motor Listrik Kurang Diminati Penumpang, <https://ekonomi.bisnis.com/read/20230801/98/1680554/driver-ojol-bongkar-alasan-motor-listrik-kurang-diminati-penumpang>, *Bisnis.com*, 2023, diakses 19 Juli 2024.
- [3] A.A. Raksodewanto, "Membandingkan Mobil Listrik Dengan Mobil Konvensional," *TECHNOPEX*, 2020.

- [4] M. Ilham, M.A. Abidin, Yusran, Arman, & Y. Kondo, "Konversi Sepeda Motor Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai," Diploma thesis, Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2022.
- [5] D. Resa', A. A N.B. Mulawarman, & M. Yusuf, "Uji Kemampuan Baterai 72 V Untuk Menggerakkan Motor Listrik Tipe BLDC 1.500 Watt Sepeda Motor Listrik Roda Dua," Diploma Thesis, Politeknik Negeri Bali, 2022.
- [6] Y. Octadio, I M. Sudana, & I K. Suherman, "Konversi Sepeda Motor Bakar Mio Menjadi Sepeda Motor Listrik," Diploma thesis, Politeknik Negeri Bali, 2022.
- [7] A. Derisman, M.R. Fauzi, Denur, Japri, Jusnita, & Zikri, "Konversi Sepeda Motor Yamaha Mio Sporty Menjadi Sepeda Motor Listrik dengan Metode Sambung Langsung," *Jurnal Surya Teknika*, 11(1), 379-382, 2024.
- [8] M.F. Nurdin, S.T. Kismanti, P.R.L. Silalahi, "Modifikasi sepeda motor honda beat karbu 110 cc menjadi electric vehicle 2 kW", *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, Vol. 3, No. 1, Hal. 9-17.
- [9] I W. Subawa, I N. Suparta, & I G. Santosa, "Konversi Sepeda motor Yamaha Mio Menggunakan Motor Listrik Type BLDC 3000 Watt," Diploma thesis, Politeknik Negeri Bali, 2024.
- [10] E. Prasetyo, D. Dahlan, R.N. Fadhli, "Analisis Pengujian Sepeda Motor Listrik 3 kW Pada Jalan Mendatar dan Menanjak," Prosiding, *Seminar Rekayasa Teknologi (SemResTek)*, Hal. 47-53, 2018.
- [11] Y.P.A. Wiyono, A. Rusdinar, P.D. Wibawa, "Sistem Transmisi Otomatis Dengan Metode Continuously Variable Transmission Pada Mobil Listrik," *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 5, No.3, Hal. 4308, Desember 2018.
- [12] M.Z. Abdussalam, "Speed Comparation Between Two-wheeled Fuel and Electrically Converted Vehicle Using Simulation," *Jurnal Teknologi Elekterika*, Vol. 21, No. 2, Hal. 128-130.
- [13] MathWorks Student Competition Team, BAJA All-Terrain Vehicle (ATV) Model, MathWorks, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/70576-baja-all-terrain-vehicle-atv-model>, 2023, Diperoleh 22 Februari 2024.
- [14] MathWorks Student Competitions Team, Electric Vehicle Powered by BLDC Motor, GitHub, <https://github.com/mathworks/electric-all-terrain-vehicle/releases/tag/v1.1.1>, Diperoleh 15 Oktober 2024.
- [15] -, Yamaha Mio Sporty Specifications and Reviews, Motorcycle Database, [https://www.motorcycledb.com/Yamaha\\_Mio-Sporty-2018/47637](https://www.motorcycledb.com/Yamaha_Mio-Sporty-2018/47637), 2018, Diperoleh 27 Mei 2024.