



Analisis Perbandingan Sistem Kinerja Motor Penggerak Pada Mobil Listrik Kapasitas 75 kWh

Comparative Analysis of Motor Drive Performance System in Electric Cars Capacity 75 kWh

Indriawan Viantama^{1*} dan Budhi Muliawan Suyitno²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

²Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
06/04/2021
Direvisi:
17/06/2021
Disetujui:
27/06/2021

Abstract

Population growth and the increasingly rapid industrial technology to 4.0. So that there was an electric car with an electric motor as the driving force. At first, electric cars used a DC motor system. But the triumph of this DC motor is not long in coming because problems arise when compared to induction motors such as complicated maintenance, much higher prices, and heavier weight than induction motors. In an induction motor, the control is believed to be easier than a DC motor. The induction motor is believed to make it possible to drive an electric car. The advantage of using this induction motor is that it has durability, reliability, if exposed to interference, it remains strong, easy to maintain, and the ability to operate in extreme environments. These advantages can replace the use of DC motors. Where the induction motor receives power from a rechargeable battery, so that the analysis of data from an induction motor for an electric car with the calculation of the electric motor rotation is 1,500 rpm, the motor power itself is 375 kW, the maximum and minimum torque generated is 582 Nm and 271, 2 Nm, with a battery life of 189.3 hours. The resulting acceleration to reach speeds of 0-100 km / h only takes 5 seconds.

Keywords: electric car, electric motor, induction motor.

Abstrak

Pertumbuhan penduduk dan semakin pesatnya teknologi industri menjadi 4.0. Sehingga muncul mobil listrik dengan motor listrik sebagai penggerak. Pada awalnya mobil listrik menggunakan sistem motor DC. Tetapi kejayaan motor DC ini tidak lama lagi karena muncul masalah jika dibandingkan dengan motor induksi seperti perawatannya yang rumit, harga yang jauh lebih mahal, dan beratnya lebih berat dibanding motor induksi. Pada motor induksi pengendaliannya diyakini lebih mudah dibandingkan motor DC. Motor induksi diyakini sangat memungkinkan untuk penggerak mobil listrik. Keuntungan dari penggunaan motor induksi ini adalah memiliki ketahanan, kehandalan, jika terkena gangguan tetap kuat, perawatannya mudah, dan kemampuan untuk beroperasi pada lingkungan yang ekstrim keunggulan ini dapat menggantikan penggunaan motor DC. Dimana motor induksi menerima daya dari baterai yang dapat diisi ulang, Sehingga analisa data dari motor induksi untuk mobil listrik dengan hasil perhitungan putaran motor listrik sebesar 1.500 rpm, daya motornya sendiri sebesar 375 kW, torsi maksimum dan minimum yang dihasilkan sebesar 582 N.m dan 271,2 N.m, dengan daya tahan baterai selama 189,3 jam. Akselerasi yang dihasilkan untuk mencapai kecepatan 0 - 100 Km/jam hanya membutuhkan waktu 5 detik saja.

Kata Kunci: mobil listrik, motor listrik, motor induksi.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 821 3932 9963
email : viantama110@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Saat ini mulai pesatnya teknologi serta ilmu pengetahuan sehingga memberi ciri bahwa semakin majunya peradaban kita sebagai seorang manusia. Sejak Revolusi Industri yang diawali di Inggris abad 18 terus berkembang dan sekarang ini menjadi Revolusi Industri 4.0. Penggagas semacam Davenport, Edison, serta Plante merupakan ilmuwan besar yang berarti dalam histori pertumbuhan mobil listrik. *Electric car* saat ini adalah salah satu alat transportasi ramah lingkungan dengan *zero* emisi yang membuat mobil listrik ini menjadi mobil alternatif untuk menekan polusi udara. Kendaraan listrik dikala ini mulai memperoleh reputasinya kembali di berbagai negeri di dunia setelah hilang dari peredaran (Efendi, 2020).

Perihal polusi udara tersebut menjadi faktor untuk pembuatan mobil listrik yang ramah lingkungan serta tidak memunculkan polusi udara pada alam sekitar dan bisa dikurangi konsumsi bahan bakarnya (Sidabutar, 2020). Mobil listrik pula dibuat dengan fungsi penanda yang berperan sebagai fasilitas data penting untuk pengemudi untuk mengenali keadaan kendaraan secara langsung disaat berkendara sehingga pengemudi merasa aman (Sepdian, 2020). Mobil listrik memiliki ciri khas yaitu dengan fitur *Autopilot* dimana memberikan anda percaya diri dibelakang kemudi. Oleh karena itu mobil listrik ini di desain sangat aman (Ingle dan Phute, 2016). Khususnya pada pabrikan mobil listrik di dunia ini menggunakan motor induksi. Dimana motor induksi untuk pabrikan dilatarbelakangi pengembangan teknologi pada suatu kontrol vektor (Aditya, dkk., 2020). Dalam komponen - komponen kontrol vektor dapat juga diatur secara tersendiri seperti halnya motor DC dimana pada penelitian - penelitian sebelumnya oleh para ahli dibahas perbandingan penggunaan berbagai macam motor listrik pada sebuah kendaraan mobil listrik dan perbandingan berbagai macam baterai atau biasa disebut pemasok energi untuk motor listrik. Motor induksi dipilih

dikarenakan keunggulan dan harga yang lebih murah dari jenis motor DC. Selain itu perkembangan teknologi pengemudi pada kontrol vektornya pada motor induksi sama dengan motor DC sehingga para produsen lebih memilih motor induksi jika dibandingkan dengan motor DC dengan fungsi yang hampir sama. Aspek - aspek lain yang dimana produsen berpindah ke motor induksi karena perawatan, biaya dan beratnya menjadi pemilihan mengapa berpindah ke motor induksi dibanding motor DC. Pembahasan yang lebih spesifik dalam penggunaan motor listriknya dimana diambil sample motor induksi pada pabrikan mobil listrik Tesla yang berkapasitas 75 kWh (Purwanto, dkk., 2011).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan spesifikasi motor penggerak yang optimal pada mobil listrik kapasitas 75 kWh dengan cara membandingkan performa sistem kinerja motor penggerak pada mobil listrik tersebut.

2. METODOLOGI

Jenis penelitian yang dilakukan adalah bersifat observasional dimana penelitian hanya mengamati subjek tanpa mengendalikan variable apapun. Penelitian ini dilakukan dengan cara beberapa studi yaitu seperti studi literatur, studi wawancara, dan studi lapangan (lihat gambar 1). Metode penelitian yang difokuskan pada analisis kinerja sistem motor penggerak mobil listrik kapasitas 75 kWh melalui :

1) Studi Literatur

Studi Literatur merupakan metode pengambilan data dengan cara dengan mempelajari beberapa literatur berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Metode ini digunakan agar memperoleh teori - teori yang menunjang pembahasan pada artikel.

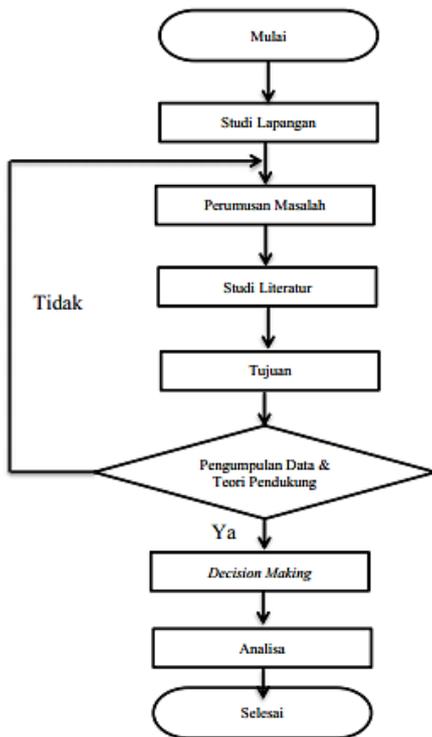
2) Metode Wawancara

Metode Wawancara merupakan metode pengambilan data dengan cara konsultasi langsung kepada pengguna, mengenai objek maupun kepada pihak

pihak yang memiliki informasi yang dibutuhkan, sehingga dapat dibantu dengan memberikan penjelasan tentang konsep kombinasi yang sedang diuji.

3) Studi Lapangan

Studi Lapangan merupakan metode penelitian secara *outdoor* dimana kegiatan penelitian untuk menggunakan data - data untuk memperoleh data dengan cara langsung ke lapangan.



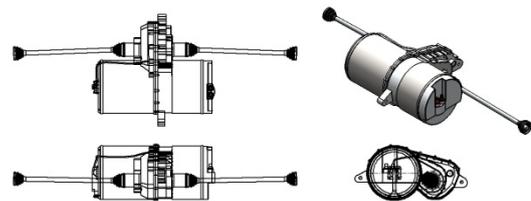
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Prinsip Kerja Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi yang digunakan pada mobil listrik ini menggunakan tipe tiga fasa, dimana hubungan listrik pada motor induksi tidak terdapat pada rotor dan stator, karena arus pada rotor merupakan arus induksi. Sehingga jika belitan stator diberi tegangan tiga fasa, maka pada stator akan dihasilkan arus tiga fasa dan arus ini akan menghasilkan medan magnetik yang berputar dengan kecepatan sinkron.

Ketika medan magnetik memotong konduktor rotor, di dalam konduktor tersebut akan dihasilkan GGL (Gaya Gerak Listrik) yang sama seperti GGL yang diinduksikan

dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi primer. Rangkaian motor pada motor induksi ini merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung ataupun melalui tahanan luar. GGL induksi menyebabkan arus mengalir kedalam konduktor rotor. Sehingga dengan adanya aliran arus pada konduktor rotor di dalam medan magnet yang dihasilkan stator, maka akan dibangkitkan gaya yang bekerja pada motor. Sehingga motor dapat menyalurkan energi ke gearbox pada mobil listrik. Dalam era sekarang ini motor induksi sudah banyak digunakan dan meninggalkan motor DC sebagai pendahulunya. Pada gambar 2, diperlihatkan sistem penggerak yang ada pada mobil listrik.



Gambar 2. Sistem penggerak mobil listrik

Pada generasi awal pengembangan motor listrik menggunakan motor DC menjadi solusi yang paling sesuai dikarenakan kemudahan pengoperasiannya dan pengaturan kecepatannya. Sehingga setelah itu teknologi kontrol vektor masuk ke dunia otomotif sehingga muncul lah motor induksi dimana mulai dikembangkan teknologinya.

Pada kontrol vektor, fluks dan torsi pada motor induksi dapat dikendalikan secara terisah sehingga pengaturan motor induksi dapat menyerupai motor DC. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dari motor induksi yang digunakan pada mobil listrik yang disajikan pada tabel 1.

Model Motor Listrik

Motor DC

Motor DC adalah motor yang paling mudah digunakan pada mobil listrik pada awal nya sebelum digantikan dengan motor induksi. Hal ini dikarenakan kemudahan pada pengaturan dan memiliki fluks dan torsi yang terpisah. Kerugian motor DC sendiri adalah pada sisi perawatannya (Sidabutar, 2020).

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan Motor Induksi

Kelebihan	Kekurangan
Motor induksi memiliki bentuk yang sederhana dan ringkas serta konstruksinya yang cukup kuat, dengan konstruksi ini motor induksi hampir tidak ditemukan kerusakan yang berarti	Dalam motor induksi efisiennya dipengaruhi dari pengaturan kecepatan motor induksi itu sendiri
Motor induksi memiliki harga yang lebih murah dibandingkan motor DC serta perawatannya yang lebih mudah	Pada motor induksi dapat terjadi penurunan kecepatan seiring bertambahnya beban
Motor induksi memiliki efisien yang cukup tinggi dibanding motor yang lainnya.	Pada kopel awal mutunya rendah jika dibandingkan dengan motor DC
Motor induksi tidak memerlukan starting tambahan dan dalam penggunaannya tidak harus sama	

Motor Induksi

Motor Induksi adalah jenis motor yang paling sesuai jika digunakan pada mobil listrik. Hal ini dikarenakan kehandalan, ketahanan, terhadap gangguan, tidak memerlukan perawatan yang intens dan kemampuan untuk bekerja pada lingkungan yang ekstrim. Hal ini dapat dibandingkan dengan motor DC yang memiliki perawatan khusus, dan harga nya yang lebih mahal (Mehazzem, Nemmour dan Reama, 2017).

SRM (*Switched Reluctance Motor*)

Motor berjenis SRM banyak digunakan pada mobil *Hybrid Electric Vehicle* (HEV), dikarenakan konstruksinya yang kokoh dan sederhana dan karakteristik kecepatan torsi yang baik. Kelemahan dari motor SRM adalah produksi *acoustic* dan *electromagnetic-interface noise*, dan memiliki topologi konverter yang khusus dan riak arus bus yang berlebihan (Zeraoulia, Benbouzid and Diallo, 2006).

PMSM (*Permanent Magnet Synchronous Motor*)

Motor listrik ini bisa dikatakan kemampuan nya dapat menyamai dengan motor induksi sebagai penggerak mobil listrik. Motor PMSM memiliki banyak keunggulan seperti berat dan ukurannya lebih kecil sehingga memiliki *power density* yang tinggi, efisiensi nya lebih baik jika dibandingkan motor induksi, dan pendistribusian panas yang lebih baik. Kerugian dari penggunaan motor PMSM adalah mudah mengalami kerusakan pada magnetisasi dikarenakan panas atau reaksi amature (Bukhari, dkk., 2018).

Baterai

Baterai merupakan suatu komponen listrik yang terjadi berlangsungnya proses yang bersifat reversible dengan menggunakan elektrokimia sehingga mendapatkan keuntungan efisiensi besar. Baterai sendiri merubah energi kimia menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk alat elektronik (Siburian, dkk., 2015).

Perhitungan

Perhitungan Putaran Motor Listrik

Pada suatu motor listrik pasti memiliki kecepatan putaran yang dihasilkan, kecepatan putaran ini dipengaruhi dari beberapa faktor seperti jumlah kutub dan frekuensi nya. Kecepatan putaran atau rpm bisa ditulis pada rumus dengan huruf "N", dan besaran putaran ini ditentukan juga dengan seberapa besar frekuensi listrik yang digunakan dengan dikalikan sudut phasanya lalu dibagi dengan jumlah kutub gulungan (*Pole*). Sehingga dapat dirumuskan:

$$n = \frac{(f \times 120)}{p} \quad (1)$$

dimana:

n = Jumlah putaran permenit (rpm)

f = Frekuensi (Hz)

p = Jumlah kutub gulungan (Pole)

Perhitungan Daya Motor Listrik

Mobil listrik dapat bergerak dan berjala jika daya motor yang tersedia dapat tercukupi untuk dapat bergerak. Besar nya daya motor yang dibutuhkan untuk dapat menggerakkan mobil listrik dapat ditentukan dengan besarnya gaya yang diperlukan agar mobil dapat berjalan dan menghasilkan kecepatan. Daya pada motor dapat ditentukan sebagai berikut:

$$P = T \times \omega \tag{2}$$

dimana:

T = Torsi

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

Perhitungan Torsi Mobil Listrik

Torsi pada suatu roda tersebut terdiri dari suatu gaya kemudian dikalikan dengan jaraknya, sehingga menghasilkan rotasi pada suatu daya kerja kecepatan motor itu. Hal tersebut menyebabkan objek dapat berputar. Oleh karena itu torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{P \times 60}{2 \times \pi \times n} \tag{3}$$

dimana:

T = Torsi (Nm)

P = Daya (W)

n = putaran (rpm)

Perhitungan Waktu Daya Tahan

Jika ingin mencari daya tahan baterai dapat dilakukan dengan pengetestan dengan cara menggunakan mobil dengan posisi baterai terisi penuh lalu di on sampai dengan off tanpa berjalan. Sehingga secara teoritis dapat juga dihitung menggunakan:

$$P = \frac{\text{Kapasitas arus baterai (Ah)}}{\text{Arus Input (I}_{in})} \tag{4}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sistem Kinerja Motor Penggerak

Pada tabel 2 ditampilkan spesifikasi dari motor induksi yang akan dipergunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2. Spesifikasi Motor Induksi (Manual Book Tesla, 2018)

Tipe	Motor Induksi, berpendingin cairan, dan dengan penggerak frekuensi variabel
Tegangan nominal	320 V
Maksimum kecepatan motor pada putaran besar	18.300 rpm
Maksimum kecepatan motor pada putaran kecil	18.000 rpm
Daya maksimum	375 kW @6.150 rpm
Daya minimum	193 kW @6.100-6.800 rpm
Daya tempuh	380 km
Kecepatan Maksimum	210 km/jam

Pemilihan Motor Induksi

Dasar pemilihan motor induksi merupakan jenis motor yang paling sesuai untuk mobil listrik. Hal ini dikarenakan kehandalan, ketahanan terhadap gangguan, tidak memerlukan perawatan yang intens dan kemampuan untuk bekerja pada lingkungan yang ekstrim.

Tabel 3. Evaluasi Perbandingan Motor Listrik (Hashemnia and Asaei, 2008)

Karakteristik	Jenis Motor Listrik			
	Motor Induksi	DC	PMSM	SRM
Power Density	3,5	2,5	5,0	3,5
Efisiensi	3,5	2,5	5,0	3,5
Pengendalian	5,0	5,0	4,0	3,0
Kehandalan	5,0	3,0	4,0	5,0
Kesiapan	5,0	5,0	4,0	4,0
Teknologi Biaya	5,0	4,0	3,0	4,0
Total Skor	27	22	21	23

Pemilihan motor induksi ini juga dipilih dibandingkan dengan motor DC dikarenakan juga motor induksi hampir tidak memerlukan perawatan, harga motor induksi lebih murah jika dibandingkan motor DC dengan daya yang sama, motor induksi jauh lebih ringan dan lebih kokoh. Evaluasi perbandingan penggunaan motor induksi dengan motor lainnya dapat dilihat pada tabel 3.

Analisa Data

Spesifikasi diatas berupa maksimum kecepatan, dan daya mobil listrik berkapasitas 75 kWh ini didapatkan dari Owner's Manual Book. Berikut adalah perhitungan persamaan perhitungan putaran motor listrik, daya motor listrik, torsi, dan perhitungan daya tahan motor sebagai berikut:

Perhitungan Putaran Motor Listrik

Mobil listrik menggunakan motor listrik 3 fasa, dioperasikan dengan frekuensi 50 Hz dengan 4 jumlah kutub, maka rpm motor listrik tersebut adalah:

$$n = \frac{(f \times 120)}{p}$$

$$n = \frac{(50 \text{ Hz} \times 120)}{4}$$

$$n = 1.500 \text{ rpm}$$

Perhitungan Daya Motor Listrik

Untuk mencari daya motor didapatkan torsi dari spesifikasi mesin dengan torsi 582 N.m pada 6.150 rpm, sehingga didapatkan:

$$P = T \times \omega$$

$$P = 582 \text{ N.m} \times 6.150 \text{ rpm} \times \frac{2\pi}{60}$$

$$P = 375 \text{ kWh}$$

Perhitungan Torsi Mobil Listrik

Pada perhitungan torsi dimana diambil daya maksimum mobil dari Owner's Manual Book.

$$T = \frac{P \times 60}{2 \times \pi \times n}$$

$$T = \frac{375.000 \times 60}{2 \times \pi \times 6.150}$$

$$T = 582 \text{ N.m (maksimum)}$$

$$T = \frac{P \times 60}{2 \times \pi \times n}$$

$$T = \frac{193.000 \times 60}{2 \times \pi \times 6.800}$$

$$T = 271,2 \text{ N.m (minimum)}$$

Perhitungan Waktu Daya Tahan

Perhitungan daya tempuh ini dihitung dengan asumsi dimana mobil diisi sampai dengan full lalu dinyalakan dan ditunggu sampai dengan off tanpa digunakan atau dijalankan.

$$\text{Kapasitas (Ah)} = \frac{\text{Kapaasitas (Wh)}}{\text{Tegangan (Volt)}}$$

$$\text{Kapasitas (Ah)} = \frac{75.000 \text{ Wh}}{12 \text{ V}}$$

$$\text{Kapasitas (Ah)} = 6.250 \text{ Ah}$$

maka:

$$\frac{\text{Kapasitas arus baterai (Ah)}}{\text{Arus Input (I}_{in}\text{)}}$$

$$\frac{6.250 \text{ Ah}}{33 \text{ A}} = 189,3 \text{ jam}$$

Sehingga hubungan antara daya dan torsi pada motor listrik adalah berbanding lurus, dimana semakin besar daya motor listrik, maka akan semakin besar torsi atau tenaganya. Dan semakin kecil daya motor, maka semakin kecil pula torsinya. Sedangkan hubungan antara kecepatan (rpm) dan torsi pada motor listrik adalah berbanding terbalik. Semakin besar putaran motor listrik, maka akan semakin kecil torsinya. Begitu sebaliknya semakin kecil putaran motor listrik, maka akan semakin besar torsinya.

Analisis Baterai Mobil Listrik

Ketika akan memilih jenis baterai maka banyak faktor yang harus dipertimbangkan yaitu berupa pentingnya biaya awal, life time, massa, volume, sensifitas suhu, akses perawatan dan akses ke produk semua memainkan peran dalam seleksi baterai.

Tabel 4 menampilkan spesifikasi baterai yang digunakan pada mobil tesla. Sedangkan tabel 5 menyajikan perbandingan kelebihan dan kekurangan baterai - baterai dari mobil listrik.

Tabel 4. Spesifikasi Baterai (Manual Book Tesla, 2018)

Tipe	Ion berpendingin (Li-Ion) NCR18650	Lithium cairan (NCR18650)
Jumlah kapasitas	75 kWh	
Tegangan nominal	300 V DC	
Rentang suhu	Tidak disarankan terkena suhu diatas 60°C atau dibawah -30°C selama lebih dari 24 jam.	
Lama pengisian 0 - 100%	± 4 jam (fast charging)	
Kebutuhan Baterai	16 pack	

Tabel 5. Karakteristik Baterai Mobil Listrik (Afif dan Pratiwi, 2015)

	Baterai Primer	Li-Ion	NiMH	Lead Acid
Easy Access/ Inexpensive	✓	✓	✗	✓
Efisiensi Energi	✗	✓	✓	✓
Performa Temperatur	✓	✓	✗	✗
Berat	✓	✓	✓	✓
Life Cycle	✗	✓	✗	✓

Berdasarkan tabel 5, dapat dilihat dari perbandingan karakteristik baterai diatas bahwa suatu jenis baterai mobil listrik harus dirancang sebagai sistem penyimpanan energi yang baik dan mampu menyalurkan daya dalam periode lama dan berkelanjutan oleh karena itu baterai Lithium-Ion adalah pilihan yang tepat untuk mobil listrik.

Baterai Lithium sendiri ada beberapa jenis tergantung komposisi yang digunakan. Hal tersebut berpengaruh terhadap kemampuan baterai Lithium. Setidaknya ada 3 jenis baterai Lithium yang digunakan dalam mobil listrik, yaitu NCA (Nickel, Cobalt, Aluminium), NMC (Nickel, Manganese, Cobalt), dan LFP (Lithium, Iron, Phosphate). Untuk mobil listrik dengan kapasitas 75 kWh

di Indonesia lebih cocok menggunakan LFP, karena di Indonesia ini sangat sensitif terhadap suhu. Dimana baterai LFP ini memang energy density dibawah NCA dan NMC, namun baterai jenis ini dinilai lebih aman karena suhu saat digunakan lebih dingin karena Phosphate sendiri sebagai pendingin yang ramah lingkungan.

4. SIMPULAN

Mobil listrik kapasitas 75 kWh menggunakan sistem motor induksi dimana keunggulan dari sistem penggerak mobil listrik kapasitas 75 kWh adalah dapat menghasilkan torsi yang lebih tinggi. Dengan hasil perhitungan putaran motor listrik sebesar 1.500 rpm, daya motor nya sendiri sebesar 375 kW, torsi maksimum dan minimum yang dihasilkan sebesar 582 N.m dan 271,2 N.m, dengan daya tahan baterai selama 189,3 jam. Dan analisa perbandingan baterai yang ada sehingga mendapatkan baterai Lithium-Ion dengan jenis LFP (Lithium, Iron, Phosphate) dengan keunggulan lebih aman karena suhu saat digunakan lebih memiliki kandungan pendingin ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A.W., Ihsan, I., Utomo, R.M. dan Hilmansyah, H., 2019. Evaluasi Motor Listrik Sebagai Penggerak Mobil Listrik. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 3(2), hal.55-59.
- Bukhari, A.A.S., Ali, S., Shaikh, S.H., Soomro, T.A., Lin, Z. dan Cao, W., 2018, March. Design of a high speed 18/12 switched reluctance motor drive with an asymmetrical bridge converter for electric vehicles. In *2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*, hal. 1-6.
- Hashemnia, N. and Asaei, B., 2008, September. Comparative study of using different electric motors in the electric vehicles. In *2008 18th International Conference on Electrical Machines*, hal. 1-5.
- Ingle, S. dan Phute, M. 2016. Tesla Autopilot: Semi Autonomous Driving, an Uptick for Future Autonomy, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(9), pp. 369-372.

- Manual Book Tesla, O. S. 2018. *Model X Owner's Manual*.
- Mehazzem, F., Nemmour, A. L. dan Reama, A. 2017. Real time implementation of backstepping-multiscalar control to induction motor fed by voltage source inverter, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(28), pp. 17965-17975.
- Efendi, A., 2020. Rancang Bangun Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 17(1), hal.75-84.
- Sidabutar, V.T.P., 2020. Kajian pengembangan kendaraan listrik di Indonesia: prospek dan hambatannya. *Jurnal Paradigma Ekonomika*, 15(1), hal. 21-38.
- Purwanto, E. dkk., 2011. Pengembangan Model Motor Induksi sebagai Penggerak Mobil Listrik dengan Menggunakan Metode Vektor Kontrol, *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, 2(2), hal. 67-72.
- Sepdian, S. 2020. Metode Metode Kontrol Pada Mobil Listrik, *Jurnal Surya Teknika*, 6(1), hal. 8-12.
- Siburian, B.C. dan Bahriun, T.A., 2015. 'Perancangan Alat Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535'. *Singuda ENSIKOM*, 13(55), hal.42-48.
- Thowil Afif, M. dan Ayu Putri Pratiwi, I. 2015 Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), hal. 95-99.
- Zeraoulia, M., Benbouzid, M. E. H. dan Diallo, D. 2006. Electric motor drive selection issues for HEV propulsion systems: A comparative study, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 55(6), hal. 1756-1764.