

ANALISA PERBANDINGAN DAYA DAN TORSI PADA PERANCANGAN PURWARUPA MOBIL LISTRIK

Sidiq Budi Perkasa^{*)}, Tejo Sukmadi dan Denis

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: sidiqbudi22@gmail.com

Abstrak

Konsep mobil listrik bukanlah hal baru. Perkembangan dunia otomotif menyebabkan peningkatan kebutuhan akan bahan bakar minyak. Sedangkan energi fosil di dunia ini semakin lama semakin berkurang, karena energi fosil tidak bisa diperbarui. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk menekan penggunaan energi fosil yaitu, dengan cara memanfaatkan energi listrik sebagai sumber energi pada mobil. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun purwarupa mobil listrik menggunakan motor motor induksi tiga fasa dengan kapasitas 2200 watt sebagai motor penggerak. Kemudian untuk memaksimalkan energi listrik dibuat perancangan sistem mekanik yang bertujuan untuk membuat desain mobil listrik. Untuk mengetahui seberapa besar daya listrik dan torsi yang dihasilkan, maka perlu adanya analisa perhitungan daya dan torsi tanpa beban ketika berkerja secara teoritis. Dari percobaan ini, juga dapat diketahui terdapat adanya hubungan antara torsi dan daya, ketika daya motor naik maka torsi akan turun. Hal ini disebabkan, karena kecepatan motor induksi naik sehingga torsi akan turun.

Kata kunci : Mobil Listrik, Motor Induksi, Daya, Torsi

Abstract

The concept of an electric car is nothing new. The development of the automotive world has led to an increase in the need for fuel oil. While fossil energy in this world is decreasing over time, because fossil energy cannot be renewed. One method that can be done to reduce the use of fossil energy is by utilizing electrical energy as a source of energy in cars. In this research, an electric car prototype was designed using a three-phase induction motor with a capacity of 2200 watts as the motor. Then to maximize electrical energy a mechanical system design is made which aims to make an electric car design. To find out how much electric power and torque is produced, it is necessary to analyze the calculation of power and torque without load when working theoretically. From this experiment, it can also be seen that there is a relationship between torque and power, when the motor power increases, the torque will decrease. This is because the speed of the induction motor increases so that the torque decreases.

Keywords: Electric Car, Induction Motor, Power, Torque

1. Pendahuluan

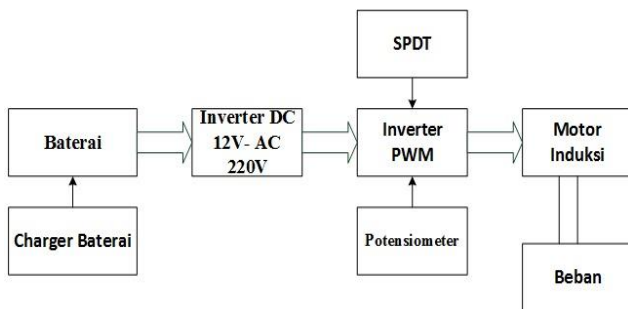
Mobil listrik merupakan salah satu kendaraan tanpa emisi yang menjadi salah satu alternatif untuk menekan angka polusi udara dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Upaya pemerintah dalam mengurangi peningkatan pencemaran udara adalah dengan mengeluarkan Peraturan Presiden No. 55 Tahun 2019. "Bahwa untuk peningkatan efisiensi energi, ketahanan energi, dan konservasi energi sektor transportasi, dan terwujudnya energi bersih, kualitas udara bersih dan ramah lingkungan, serta komitmen Indonesia menurunkan emisi gas rumah kaca, perlu mendorong percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (*battery electric vehicle*) untuk transportasi jalan" [1]. Penggunaan mobil listrik dirasa efektif selain tidak menimbulkan polusi udara dan konstruksi mesinnya lebih sederhana.

Penggunaan mobil listrik tentunya membutuhkan mesin listrik, yaitu motor induksi sebagai sumber penggerak mobil listrik. Motor induksi memiliki kelebihan dibanding jenis motor listrik lainnya diantaranya konstruksi yang kuat dan sederhana, harga yang lebih murah, efisiensi tinggi pada keadaan normal serta tidak membutuhkan perawatan yang sulit [2]. Torsi yang menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari motor sangat penting untuk dioptimalkan, supaya kinerja dari motor menjadi lebih bagus. Terdapat tiga parameter mekanisme yang sangat dipertimbangkan ketika menggunakan motor induksi, yaitu : Kecepatan, putaran, torsi yang dihasilkan, dan daya output. Dikarenakan terbatasnya alat ukur, maka pengukuran torsi tidak dapat dilakukan. Sehingga hanya dilakukan perhitungan daya dan torsi[3].

Sistem mekanik adalah sistem yang berhubungan dengan casis, penggerak dan pengereman. Pada penggunaan mobil listrik tentunya membutuhkan sebuah rangka chasis yang berfungsi sebagai penompang semua beban yang ada pada kendaraan. Rangka merupakan salah satu bagian penting pada mobil yang harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Semua beban dalam kendaraan baik itu penumpang, mesin, sistem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakkan di atas rangka. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraan[4]. Sedangkan untuk chasis adalah merupakan satu bagian dari kendaraan, atau dengan kata lain adalah bagian yang tinggal bila bodi mobil dilepaskan keseluruhannya [5].

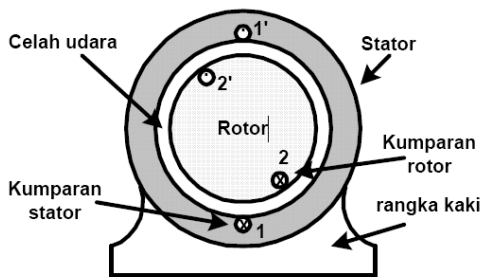
2. Metode

Blok diagram alur dari Tugas Akhir berjudul “Analisa Perbandingan Daya dan Torsi pada Perancangan Purwarupa Mobil Listrik Tanpa Beban” dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Blok Diagram Alat

2.1. Motor Induksi Tiga Fasa



Gambar 2. Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (ac) yang paling luas digunakan. penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu. Tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic fiend*) yang dihasilkan oleh arus stator [6].

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi 1-fase dioperasikan pada sistem tenaga 1-fase dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fase mempunyai daya keluaran yang rendah.

Adapun prinsip kerja motor induksi tiga fasa adalah sebagai berikut: bila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan dengan kumparan stator motor, maka pada kumparan stator (kumparan medan) akan timbul medan putar sinkron (n_s) yang besarnya dipengaruhi oleh frekuensi jaringan (f) dan jumlah pasang kutub (P). Medan putar stator ini akan memotong batang-batang konduktor pada rotor, akibatnya pada rotor akan timbul gaya gerak listrik (tegangan induksi) yang besarnya dipengaruhi frekuensi rotor dan jumlah batang konduktor rotor[7].

Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron:

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

N_s = Kecepatan medan putar (rpm)

f = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub

2.2. Torsi

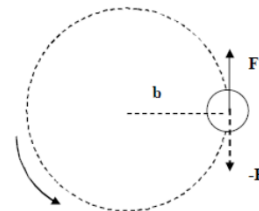
Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F , benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebesar b , maka torsinya adalah:

$$T = F \times b \quad (N.m) \quad (2)$$

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

b = Jarak benda ke pusat rotasi (m)



Gambar 3. Skema pengukuran torsi

Karena adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan

arah yang berlawanan. Torsi pada motor listrik dapat diperoleh dari hasil bagi antara daya keluaran (Watt) dengan kecepatan motor (rpm). Setelah didapatkan daya keluaran, maka dapat pula didapatkan hasil torsi yang dihasilkan dengan menggunakan rumus [8] :

$$T = \frac{9,55 \times P}{n} \quad (3)$$

T = Torsi motor (Nm)
 P = Daya yang dikirim ke rotor (Watt)
 n = Kecepatan sinkron (rpm)
 9,55 = konstanta

2.3. Daya

Daya listrik didefinisikan sebagai kecepatan berubahnya energi terhadap waktu dalam bentuk tegangan dan arus. Jika tegangan diukur dalam volt, dan arus dalam ampere. Maka daya dinyatakan dalam volt ampere. Dalam sistem tenaga listrik daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau Horsepower (HP), Horse power merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara dengan 746 Watt [9]. Secara sistematis daya dapat diuraikan dengan bantuan gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4. Rangkaian Listrik Berbeban

Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan [10] :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \quad (4)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt)

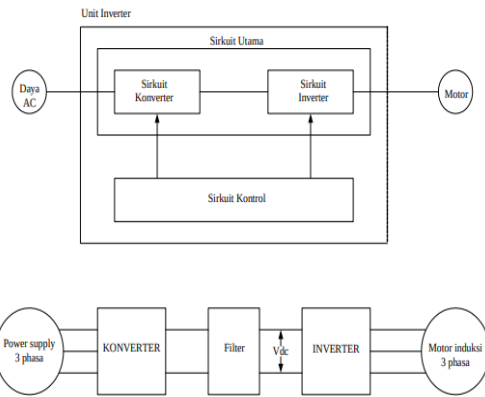
V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ = Rugi – rugi daya

2.4. Inverter

Inverter adalah suatu peralatan elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah dan kemudian dijadikan tegangan bolak-balik lagi dengan frekuensi yang telah dirubah sehingga motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Inverter seringkali disebut sebagai Variabel Speed Drive (VSD) atau Variable Frequency Drive (VFD). Fungsi dari VFD adalah untuk mengontrol energi dari supply utama ke proses melalui shaft motor listrik, dengan cara mengontrol dua besaran, yaitu torque dan kecepatan dengan menggunakan frekuensinya [11].



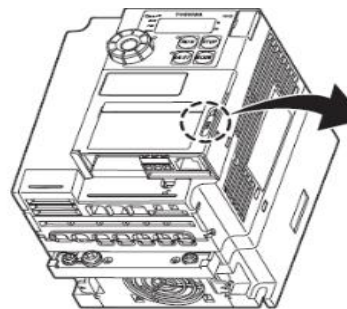
Gambar 5. Blok Diagram Inverter

2.5. Inverter TOSVERT VF-S15-2015PM-W

Inverter dengan tipe ini mempunyai fungsi mengubah arus 1 fasa menjadi 3 fasa dengan input 220 V menjadi output 3 fasa 380 V. inverter ini digunakan untuk mengatur kecepatan motor, dengan cara merubah nilai frekuensi pada motor induksi [12].

Spesifikasi inverter tipe VF-S15-2015PM-W:

1. Dimensi : 10,5 cm x 13 cm x 13 cm
2. Berat : 1,4 kg
3. Rentang kontrol kecepatan : 0,1-500Hz
4. Input : 200 V – 240 V
5. Kapasitas : 1500 V
6. Ambient : Dinilai pada 40°C
7. Output : 3 fasa



Gambar 6. Inverter TOSVERT VF-S15-2015PM-W

2.6. Akumulator

Aki atau Storage Battery adalah sebuah sel atau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif aki menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbal, sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat [13].

Ketika aki dipakai, terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan endapan pada anode (reduksi) dan katode (oksidasi). Akibatnya, dalam waktu tertentu antara anode dan katode tidak ada beda potensial, artinya aki menjadi kosong.

Agar aki dapat dipakai lagi, harus diisi dengan cara mengalirkan arus listrik kearah yang berlawanan dengan arus listrik yang dikeluarkan aki tersebut. Ketika aki diisi akan terjadi pengumpulan muatan listrik. Pengumpulan jumlah muatan listrik dinyatakan dalam ampere jam, yaitu yang disebut dengan tenaga aki. Pada kenyataannya, pemakaian aki tidak dapat mengeluarkan seluruh energi yang tersimpan aki itu. Oleh karenanya, aki mempunyai rendemen atau efisiensi [14].

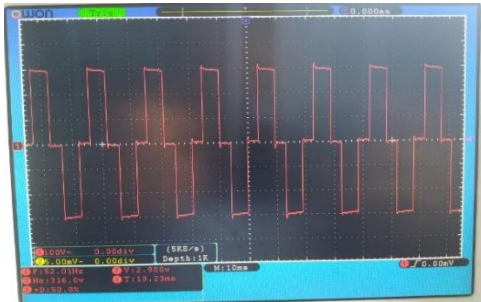
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sumber Tegangan

Sumber tegangan masukan sistem penggerak mobil listrik adalah sumber tegangan AC tiga fasa. Sebelum menjadi sumber tegangan tiga fasa, tegangan DC dari baterai dihubungkan dengan power inverter yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC satu fasa. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran tegangan AC satu fasa yang masuk ke sistem inverter VFD [15].

Tabel 1. Pengujian sumber tegangan AC satu fasa

Tegangan	Arus
230 V	0,93 A



Gambar 7. Gelombang Keluaran Inverter DC to AC Satu Fasa

Nilai ketidakseimbangan tegangan tersebut dapat dihitung untuk memperkirakan nilai ketidakseimbangan sumber tegangan tiga fasa yang terukur dapat ditoleransi atau tidak. Nilai ketidakseimbangan tegangan dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$= \frac{\text{Deviasi Maksimal dari Rata – Rata}}{\text{Rata – Rata}}$$

Dari data perhitungan pada tabel 2, dapat diketahui bahwa nilai rata – rata tegangan tiga fasa adalah 384,8 V dan nilai deviasi maksimal dari tegangan tiga fasa adalah 1,45 V. Berdasarkan persamaan (4), maka ketidakseimbangan tegangan tiga fasa line to line adalah 0,0037 atau 0,39%.

Tabel 2. Perhitungan deviasi tegangan line to line

Parameter	Nilai	Deviasi dari Rata - Rata
Tegangan R – S	386,25 V	1,45 V
Tegangan S – T	384,7 V	0,1 V
Tegangan T – R	383,5 V	1,3 V
Nilai Maksimal	386,25 V	1,45 V
Rata – Rata	384,8 V	0,95 V

Berdasarkan standar NEMA MG-1-1998 tentang mesin listrik, tegangan tiga fasa yang digunakan sumber tegangan mesin listrik hanya diperbolehkan memiliki ketidakseimbangan sebesar 1%. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan tiga fasa line to line dan tegangan line to netral yang sudah diukur, dapat digunakan untuk sumber tegangan motor induksi tiga fasa.

3.2. Perhitungan Daya dan Torsi Tanpa Beban

3.2.1. Perhitungan Daya Tanpa Beban

Tabel 3. Hasil pengukuran Tegangan dan Arus Input Motor Induksi

Frekuensi	Tegangan	Arus	Cos phi
5	108,08	5,75	0,914
10	131,63	5,5	0,93
15	167,9	5,49	0,927
20	204,71	5,39	0,95
25	233,39	5,43	0,957
30	265,14	5,44	0,952
35	297,9	5,31	0,941
40	327,36	5,32	0,961
45	360,08	5,28	0,97
50	389,7	5,34	0,95

Dengan mengetahui data tegangan, arus dan cos phi pada motor listrik ketika tidak berbeban. Maka daya keluaran motor dapat dihitung berdasarkan persamaan (4) sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt)

V= Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

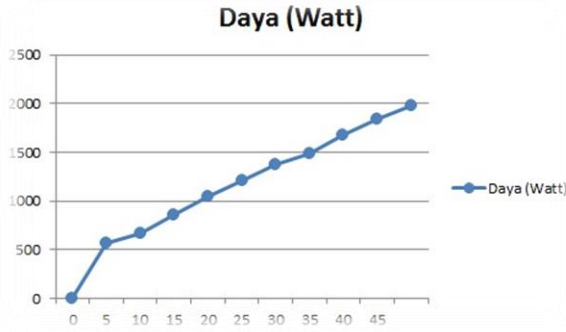
cos φ = Rugi-rugi daya

Tabel 4. Perhitungan Daya Keluaran Motor Induksi

Frekuensi (Hz)	Daya Keluaran (Watt)
5	568,01
10	673,28
15	854,48
20	1048,21
25	1212,81
30	1373,12
35	1488,51
40	1673,63
45	1844,18
50	1976,94

Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa, pada pengujian kedua ketika frekuensi 10 Hz, daya keluaran motor induksi sebesar 673,28 watt. Pada frekuensi 30 Hz, daya keluaran

motor induksi sebesar 1373,12 watt. Pada frekuensi 50 Hz, daya keluaran motor induksi sebesar 1976,94 watt. Hal ini menunjukkan naiknya nilai frekuensi yang dikenakan pada motor sebanding dengan naiknya nilai daya yang dibutuhkan. Dari data pada tabel 4 dapat dibuat grafik pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Perhitungan Daya Motor

3.2.2. Perhitungan Torsi Tanpa Beban

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Daya Dan Kecepatan

Frekuensi (Hz)	Daya (Watt)	Kecepatan (rpm)
5	568,01	252
10	673,28	504
15	854,48	759
20	1048,21	1008
25	1212,81	1263
30	1373,12	1538
35	1488,51	1791
40	1673,63	2034
45	1844,18	2266
50	1976,94	2553

Hasil pengujian daya dan kecepatan terdapat pada tabel 5, maka dapat dihitung menggunakan persamaan (3) sebagai berikut :

$$T = \frac{9,55 \times P}{n}$$

T = Torsi motor (Nm)

P = Daya yang dikirim ke rotor (Watt)

n = Kecepatan sinkron (rpm)

9,55 = konstanta

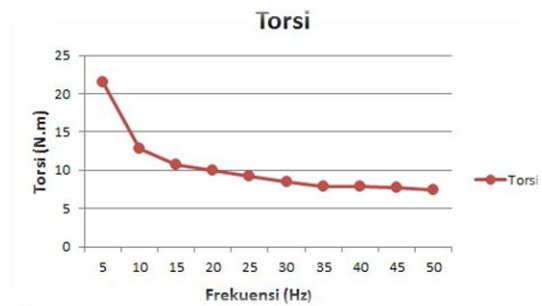
Untuk mendapatkan hasil perhitungan pada data yang lain, dengan menggunakan persamaan yang sama. Maka dapat dilakukan perhitungan torsi motor. Pada Tabel 6 merupakan data hasil perhitungan torsi motor induksi tanpa beban.

Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa, pada pengujian kedua ketika frekuensi 10 Hz, torsi perhitungan sebesar 21,52 nm. Pada frekuensi 30 Hz, torsi perhitungan sebesar 8,52 nm. Pada frekuensi 50 Hz, torsi perhitungan sebesar 7,39. Hal ini menunjukkan dengan naiknya nilai frekuensi yang dikenakan pada motor berbanding terbalik dengan nilai

torsi perhitungan. Dari data Tabel 6. dapat dibuat grafik pada Gambar 9.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Torsi Motor Induksi Tanpa Beban

Frekuensi (Hz)	Torsi (nm)
5	21,52
10	12,75
15	10,75
20	9,93
25	9,17
30	8,52
35	7,93
40	7,85
45	7,77
50	7,39

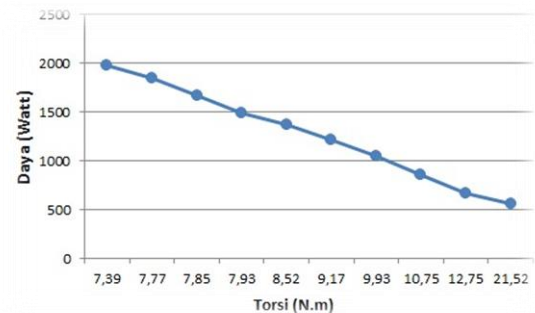


Gambar 9 Grafik Perhitungan Torsi

3.2.3. Perbandingan Daya dan Torsi Tanpa Beban

Tabel 7. Tabel perbandingan Daya dan Torsi Tanpa Beban

Daya (Watt)	Torsi (nm)
568,01	21,52
673,28	12,75
854,48	10,75
1048,21	9,93
1212,81	9,17
1373,12	8,52
1488,51	7,93
1673,63	7,85
1844,18	7,77
1976,94	7,39



Gambar 10. Grafik Perbandingan Daya dan Torsi Tanpa Beban

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwa, pada daya motor induksi sebesar 673,28 watt, torsi terhitung sebesar 12,75 nm. Pada daya motor sebesar 11373,12 watt, torsi terhitung sebesar 8,52 nm. Pada daya motor sebesar 1976,94 watt, torsi terhitung sebesar 7,39 nm. Sehingga dapat disimpulkan perbandingan daya dan torsi berbanding terbalik. Hal ini sudah sesuai dengan teori, dimana se makin besar kecepatan motor, maka torsi yang dihasilkan akan turun. Dari data Tabel 7. dapat dibuat grafik pada Gambar 10.

3.3. Perhitungan Daya dan Torsi Berbeban

3.3.1. Perhitungan Daya Variasi Beban

Tabel 8. Hasil pengukuran Tegangan dan Arus Input Motor Induksi Variasi Beban 40 Kg

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos φ
5	110,08	5,81	0,913
10	136,80	5,52	0,911
15	160,94	5,56	0,935
20	206,08	5,45	0,921

Tabel 9. Hasil pengukuran Tegangan dan Arus Input Motor Induksi Variasi Beban 60 Kg

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos φ
5	112,8	6	0,941
10	140,6	5,8	0,961
15	179,8	5,69	0,971
20	210,23	5,58	0,941

Tabel 10. Hasil pengukuran Tegangan dan Arus Input Motor Induksi Variasi Beban 100 Kg

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos φ
5	114,4	6,2	0,951
10	142,3	5,9	0,971
15	181,7	5,8	0,972
20	216,2	5,9	0,942

Dengan mengetahui data daya dan kecepatan putar. Maka dtorsi motor dapat dihitung berdasarkan persamaan () sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt)

V= Tegangan (Volt)

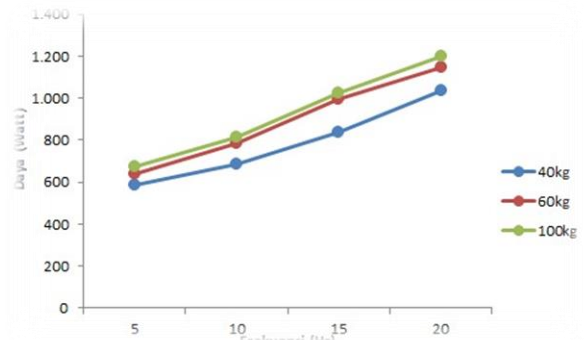
I = Arus (Ampere)

Tabel 11. Perhitungan Daya Keluaran Motor Induksi Variasi Beban 40 kg, 60 kg, dan 100 kg

Frekuensi	Daya (watt)		
	40kg	60kg	100kg
5	583,92	636,86	674,52
10	687,92	783,67	815,22
15	836,66	993,39	1024,35
20	1034,40	1147,39	1201,59

Pada tabel 11 dapat dilihat bahwa, pada pengujian kedua ketika frekuensi 10 Hz, daya keluaran motor induksi variasi beban 40 kg sebesar 687.92 watt, variasi beban 60

kg sebesar 783.67 watt, variasi beban 100 kg sebesar 815.22 watt. pada pengujian ketiga ketika frekuensi 15 Hz, daya keluaran motor induksi variasi beban 40 kg sebesar 836.66 watt, variasi beban 60 kg sebesar 993.39 watt, variasi beban 100 kg sebesar 1024.35 watt. Hal ini menunjukkan semakin bebas beban yang dikenakan, maka daya yang dibutuhkan semakin besar juga. Naiknya nilai frekuensi yang dikenakan pada motor sebanding dengan naiknya nilai daya yang dibutuhkan. Dari data pada tabel 11 dapat dibuat grafik pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Perhitungan Daya Motor Variasi Beban

3.3.2. Perhitungan Torsi Variasi Beban

Tabel 12. Data Hasil Pengujian Daya Dan Kecepatan Beban 40 Kg

Frekuensi (Hz)	Daya (Watt)	Kecepatan (rpm)
5	583,92	219,82
10	687,92	488,49
15	836,66	731,68
20	1034,40	882,4

Tabel 13. Data Hasil Pengujian Daya Dan Kecepatan Beban 60 Kg

Frekuensi (Hz)	Daya (Watt)	Kecepatan (rpm)
5	636,86	219,82
10	783,67	488,49
15	993,32	731,68
20	1147,39	882,47

Tabel 14. Data Hasil Pengujian Daya Dan Kecepatan Beban 100 Kg

Frekuensi (Hz)	Daya (Watt)	Kecepatan (rpm)
5	674,52	184,69
10	815,22	459,78
15	1024,35	643,85
20	1201,59	798,35

Hasil pengujian daya dan kecepatan terdapat pada tabel 5, maka dapat dihitung menggunakan persamaan (4) sebagai berikut :

$$T = \frac{9,55 \times P}{n}$$

T= Torsi motor (Nm)

P = Daya yang dikirim ke rotor (Watt)

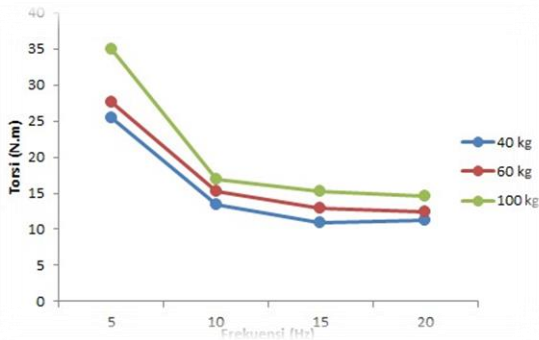
n = Kecepatan sinkron (rpm)

Untuk mendapatkan hasil perhitungan pada data yang lain, dengan menggunakan persamaan yang sama. Maka dapat dilakukan perhitungan torsi motor. Pada tabel 15. merupakan data hasil perhitungan torsi motor induksi tanpa beban.

Tabel 15. Hasil Perhitungan Torsi Motor Induksi Variasi Beban

Frekuensi	Torsi (nm)		
	40 kg	60 kg	100 kg
5	25,36	27,6	34,87
10	13,44	15,32	16,9
15	10,92	12,96	15,19
20	11,19	12,41	14,53

Pada tabel 15 dapat dilihat bahwa, pada pengujian kedua ketika frekuensi 10 Hz, torsi motor induksi variasi beban 40 kg sebesar 13,44 nm, variasi beban 60 kg sebesar 15,32 nm, variasi beban 100 kg sebesar 16,9 nm. pada pengujian ketiga ketika frekuensi 15 Hz, torsi terhitung motor induksi variasi beban 40 kg sebesar 10,92 nm, variasi beban 60 kg sebesar 12,96 nm, variasi beban 100 kg sebesar 15,19 nm. Hal ini menunjukkan perbedaan beban yang dikenakan mengakibatkan torsi yang dihasilkan juga berbeda. Semakin berat beban, maka kecepatan putar motor akan semakin menurun. Hal ini akan mengakibatkan torsi yang dihasilkan akan semakin besar. Dari data pada tabel 15 dapat dibuat grafik pada gambar 12 .



Gambar 12 Grafik Perhitungan Torsi Motor Variasi Beban

3.4. Pengujian Peforma

Pengujian peforma dilakukan untuk mengetahui kecepatan dari mobil listrik yang dibuat, serta mengetahui peforma penggerak roda belakang. Pada pengujian peforma ini menggunakan metode akselerasi. Dimana mobil dipacu pada jarak 100 m dan 200 m dengan menghitung waktu tempuh dalam lintasan. Pengujian dilakukan pada jalan sepanjang depan Fakultas Ekonomu dan Bisnis Universitas Diponegoro (arah Fakultas Kedokteran).

3.4.1. Spesifikasi Purwarupa Mobil Listrik

Tabel 16. Tabel Peformasi dan Spesifikasi Mobil Listrik

Peformansi dan spesifikasi Mobil listrik	
Mesin / Engine	
Tipe Mesin	Motor Induksi 3 Fasa
Daya Maksimum	3 HP
Berat	15 kg
Speed	2840 rpm
Dimensi / Dimension	
Panjang	155m
Lebar	95m
Tinggi	80cm
Berat Kosong	+ 60 kg
Rangka Sasis	
Tipe Rangka	Besi Hallow
Tipe Las	Las Listrik
Tipe Ban	Artco 3.25/3.00 - 8 (13 X 3)
Tipe Rem	Cakram Manual
Kelistrikan Electricity	
Sumber Tegangan dc	12v/65 AH Battery
Sumber Tegangan ac	12 dc to 220 vac Inverter 3000 watt
Pengatur Kecepatan	Variable Frequency Drive (VFD)
Pembalik Putaran Motor	Variable Frequency Drive (VFD)

3.4.2. Waktu Tempuh Mobil Listrik Dengan Jarak

Tabel 17. Hasil Pengujian Waktu Tempuh Pada Jarak 100 m

Pengujian	Jarak (m)	Waktu (s)
1	100	16,28
2	100	17,84
3	100	16,51

Dari data tersebut di dapat waktu tempuh rata – rata pada jarak 100 m dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Waktu Tempuh Rata – Rata} = \frac{(16,28+17,84+16,51)}{3} = 16,87 \text{ S}$$

Tabel 18. Hasil Perhitungan Torsi Motor Induksi Tanpa Beban

Pengujian	Jarak (m)	Waktu (s)
1	100	28,43
2	100	26,74
3	100	26,45

Dari data tersebut di dapat waktu tempuh rata – rata pada jarak 100 m dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Waktu Tempuh Rata – Rata} = \frac{(28,43+26,74+26,45)}{3} = 27,20 \text{ S}$$

Mobil listrik yang dibuat merupakan purwarupa sehingga sistem penggerak yang paling efisien digunakan adalah mekanisme rantai dan gear. Proses pengerjaan dari sistem pemindah tenaga dapat di simpulkan berhasil jika telah melalui uji kecepatan pada lintasan lurus sepanjang 100m dan 200m, yang telah di buktikan dengan hasil rata – rata waktu tempuhnya.

4. Kesimpulan

Data hasil perhitungan torsi berbanding terbalik dengan daya, dimana semakin besar daya maka torsi yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sudah sesuai dengan teori, karena ketika daya naik kecepatan putar motor juga naik. Data hasil pengujian daya berbanding lurus dengan frekuensi, dimana semakin besar frekuensi yang digunakan maka daya motor juga semakin besar. Motor induksi memiliki kelemahan pada torsi, hal ini dikarenakan tidak dilakukan pemasangan gear box untuk menaikkan torsi motor induksi.

Referensi

- [1]. Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 55 Tahun 2019.
- [2]. Rizal, Angga Ghazali, “Metode Perhitungan Efisiensi Motor Induksi Yang Sedang Beroperasi”, Universitas Indonesia, Depok, 2011.
- [3]. Tom, Denton “Automobile Electrical and Electronic Systems”, Bath press, London.
- [4]. Sadikin, Ali, “Perancangan Rangka Chasis Mobil Listrik Untuk 4 Penumpang Menggunakan Software 3D Siemens NX8” Laporan Tugas Akhir, Teknik Mesin, Universitas negeri semarang, Semarang, 2013.
- [5]. Fauzi, Ficky, “Analisis Perancangan Penggerak Belakang Gokart 150 cc DOHC” Laporan Tugas Akhir, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2016.
- [6]. Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1998.
- [7]. Henri Wijaksana, Ayub Subandi, “ Rancang Bangun Sistem Kelistrikan dan Sistem Manajemen Baterai Pada Kendaraan Listrik” Makalah Tugas Akhir, Bandung, 2015.
- [8]. Chapman, Stephen J, “Electric Machinery Fundamentals”,Third Edit ion Mc Graw Hill Companies, New York, 1999.
- [9]. Shintawaty,Lethifa "Peranan Daya Reaktif Pada Sistem Kelistrikan" Jurnal Desiminasi Teknologi , Volume 1, No 2, Juli 2013.
- [10]. Buyung, Suroto, “Analisa Perbandingan Daya dan Torsi Pada Alat Pemotong Rumput Elektrik (APRE)”, Jurnal Voering Vol. 3 No.1 Juli 2018
- [11]. Evalin N, Abdul A, Zulfikar, “Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programable Logic Controller” Journal of Electrical Technology, Vol. 3, No. 2, Sumatera Utara, Juni 2018.
- [12]. Tosvert VF-S15 Instruction Manual, Web version, Toshiba Corporation, Tokyo, Jepang.
- [13]. Iman Setiono, “Akumulator, Pemakaian dan Perawatannya”, Jurnal Metana vol. 11, No. 1, 31-36, Juli 2015.
- [14]. Putra, Hermawan Permana, “Studi Karakteristik Pelepasan Muatan Baterai Lead Acid Terhadap Variasi Beban RLC, Skripsi, Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [15]. Panduan Tugas Akhir Teknik Elektro Undip.