



**BAB III**  
**TEMUAN DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Spesifikasi Motor Starter Tipe Reduksi Pada Toyota Dyna 14B**

*Tabel 3.1 Spesifikasi Motor Stater*

<i>Rated voltage</i>		V	24
<i>Rated output</i>		Kw	4.5
<i>Rating</i>		Sec	30
<i>Diriction of rotation (Viewed from the pinion side)</i>		<i>Clockwise</i>	
<i>Clutch type</i>		<i>Roller</i>	
<i>Terminal voltage (No. Load)</i>		V	11
<i>Minimum current (No. Load)</i>		A	125
<i>Starter motor minimum operating speed (No. Load)</i>		Rpm	3900
<i>Pinion gear</i>	<i>Modules</i>	2,75	
	<i>Numbe of teeth</i>	9	
	<i>Outside diameter</i>	mm(.in)	33,0 (4,3)
	<i>Travel distance</i>	mm(.in)	1,51 (0,059)
<i>Yoke outside diameter</i>		mm(.in)	80,0 (3,15)
<i>Number of poles</i>		4	
<i>Magnetic switch (at 20° C[68°F]) Shut coil resistance</i>		Ω	0,27
<i>Brush lenght</i>	<i>Standard</i>	mm(.in)	20,5 (0,80)
	<i>Limit</i>	mm(.in)	12,0 (0,47)
<i>Brush spring standard fitting load</i>		kgf(lbf)	3,2 (7,0)
<i>Commutator</i>	<i>Outside diameter standard</i>	mm(.in)	36 (1,417)

	<i>Outside diameter limit</i>	mm(.in)	35 (1,377)
	<i>Difference between the largest and smallest diameter standard</i>		0,5-0,8 (0,02-0,03)
	<i>Depth of undercut mica limit</i>	mm(.in)	0,02 (0,008)
	<i>Run-out standard</i>	mm(.in)	0,02 (0,0008)
	<i>Run-out limit</i>	mm(.in)	0,05 (0,002)

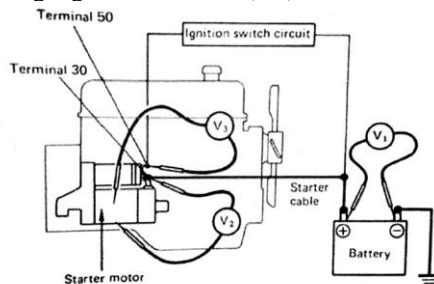
### 3.2 Pemeriksaan Sistem Motor Starter

Pemeriksaan pada sistem motor starter dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian diantaranya:

#### 3.2.1. Pemeriksaan sistem motor starter pada kendaraan

Berdasarkan Toyota (2002, hlm. 20) Pemeriksaan sistem motor starter pada kendaraan mencakup tiga item sebagai berikut:

- a. Periksa tegangan terminal baterai (V1)
- b. Periksa tegangan terminal 30 (V2)
- c. Periksa tegangan terminal 50 (V3)



*Gambar 3.1 Pengukuran voltage drop pada sistem starter  
(Sumber: Toyota, 2002, hlm. 20)*

Berdasarkan Toyota (2002, hlm. 21-22) sistem sarter yang baik akan menunjukkan nilai sebagai berikut:

- a. Tegangan terminal baterai = 9,6 Volt atau lebih
- b. Tegangan terminal 30 = 8,0 Volt atau lebih
- c. Tegangan terminal 50 = 8,0 Volt atau lebih

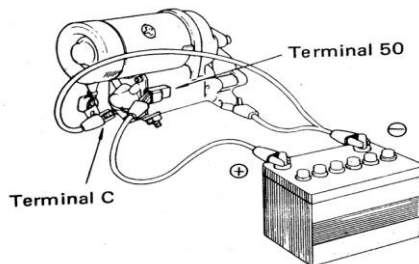
Berdasarkan pengukuran arus yang dilakukan nilai arus menunjukkan:

- a. Arus terminal 30 awal start = 215 A
- b. Arus terminal 30 stabil = 115 A
- c. Arus terminal 50 awal start = 25 A
- d. Arus terminal 50 stabil = 15 A

#### 3.2.2. Test Kemampuan beban

Test kemampuan beban dilakukan dengan cara melepas motor starter dari engine agar mempermudah proses pengetesan. “selesaikan masing-masing test secepat mungkin (dalam 3-5 detik) bila tidak kumparan-kumparan pada motor starter dapat terbakar” (Toyota, 2002, hlm. 30). Test kemampuan beban terdiri dari:

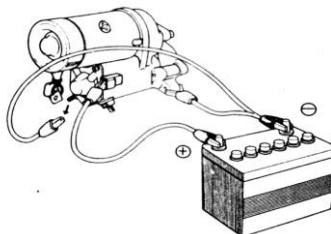
- a. *Test pull-in coil*



*Gambar 3.2 Test Pull-in Coil*  
(Sumber: Toyota, 1981, hlm 7-11)

- 1) Lepaskan kabel *field coil* dari terminal C untuk mencegah agar starter tidak berputar.
- 2) Menghubungkan terminal positif (+) baterai pada terminal 50.
- 3) Menghubungkan terminal negatif (-) baterai pada starter *body* dan terminal C.
- 4) *Pinion gear* harus bergerak keluar

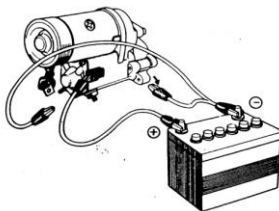
b. *Test hold-in*



*Gambar 3.3 Test Hold-in*  
(Sumber: Toyota, 1981, hlm 7-11)

- 1) Lanjutkan rangkaian seperti melakukan *test pull-in*.
- 2) Melepaskan *test lead A*, yang menghubungkan terminal negatif (-) baterai dari terminal C, dari terminal C menghentikan arus ke dalam *pull-in coil* dan membuat arus hanya mengalir ke dalam *hold-in coil*.
- 3) Periksa bahwa *pinion gear* tetap berada di luar.

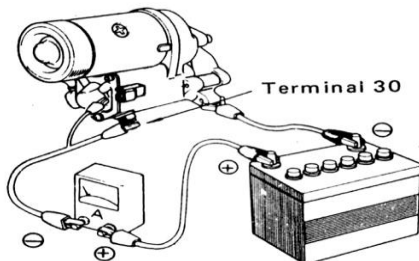
c. *Test kembalinya pinion*



Gambar 3.4 Test kembalinya *pinion*  
(Sumber: Toyota, 1981, hlm. 7-11)

- 1) Melakukan dengan melanjutkan rangkaian seperti *test hold-in*.
- 2) Melepaskan kabel *massa* dari starter *body*.
- 3) Pastikan bahwa *pinion gear* kembali ke posisi semula.

d. *Test tanpa beban*



Gambar 3.5 Test tanpa beban  
(Sumber: Toyota, 1981, hlm. 7-11)

- 1) Mengikat motor starter dengan kuat pada ragum atau lain-lainnya.
- 2) Menghubungkan kabel *field coil* ke terminal C, pastikan bahwa kabel tersebut tidak berhubungan dengan *body*.
- 3) Menghubungkan baterai dan Ampere meter seperti pada gambar.
- 4) Periksa bahwa starter berputar dengan lembut dan *pinion* bergerak keluar.
- 5) Periksa bahwa Ampere meter menunjukkan arus yang ditentukan.
- 6) Periksa bahwa *pinion gear* tertarik masuk dan motor starter segera berhenti bila kabel diputuskan dari terminal 50.

### 3.2.3. Pemeriksaan Komponen Motor Starter

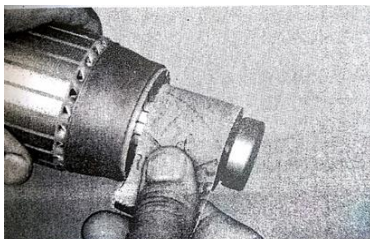
Pemeriksaan pada komponen motor starter perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa baik-baik kondisi komponen motor starter. Dibawah ini langkah-langkah pemeriksaan komponen motor starter menurut Daryanto (2009:49) sebagai berikut:

#### 1. Poros Armature

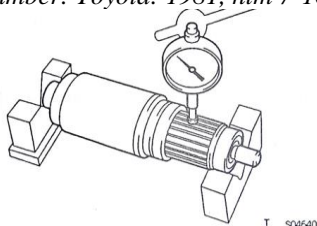
Memeriksa celah antara poros dan bantalan. Ukuran standar (normal) antara 0,1 mm – 0,14 mm ( 0,004 in – 0,005 in.). Celah limit 0,2 mm (0,007 in.). Memeriksa permukaan armature jika terlalu aus atau tidak rata dan celah melebihi limit armature harus diganti.

#### 2. Komutator

Kondisi permukaan komutator yang kotor atau terbakar dibersihkan menggunakan amplas 400. Memeriksa *commutator* dari kelonjongan *armature* ditahan oleh v-block dengan menggunakan dial gauge bandingan dengan spesifikasi standar 0.05 mm (0.001 in.) dan limit 0.1 mm (0.004 in.) dan hasil pengukuran kelonjongan 0.07 mm (0.002 in.) maka *commutator* masih layak untuk pakai.



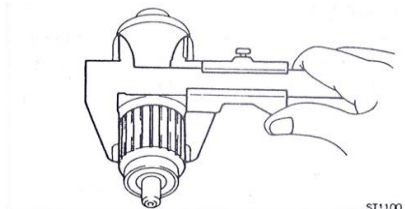
Gambar 3.6 Pembersihan komutator menggunakan amplas 400  
(Sumber: Toyota: 1981, hlm 7-16)



Gambar 3.7 Memeriksa kelonjongan armature  
(Sumber: Toyota: 1996, hlm. ST-30)

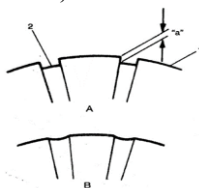
Pengukuran diameter *commutator* dengan menggunakan *vanier caliper* dari keausan bandingkan dengan spesifikasi standarnya diameter luar *commutator* 36 mm (1.417 in.) limit 35 mm (1.377 in.) hasil

pengukuran adalah 35.30 mm ( 1,389 in.) diameter *commutator* masih layak untuk dipakai.



Gambar 3.8 Mengukur diameter *commutator*  
(Sumber: Toyota: 1996, hlm. ST-30)

Pengukuran kedalaman insulator (2) *commutator* segmen (1) sesuaikan dengan spesifikasi standar kedalaman insulator 0.7 – 1.0 mm (0.027 – 0.039 in.) dan limit 0.2 mm (0.007 in.) hasil pengukuran kedalaman insulator 0.6 mm (0.023 in.) **kedalaman insulator commutator “a”, A : Benar. B : Salah.**



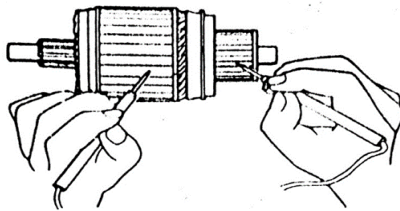
Gambar 3.9 Pengukuran kedalaman insulator  
(Sumber: Toyota: 1996, hlm. ST-30)

### 3. Koil Armature

- Pengetesan massa

Memeriksa hubungan *commutator* dan *coil armature* dengan menggunakan multimeter skala ohm, pemeriksaan *commutator* dengan *armature* hasil pemeriksaan tidak ada hubungan, maka *armature* masih layak untuk dipakai. Jika ada hubungan menandakan terjadi hubungan singkat.

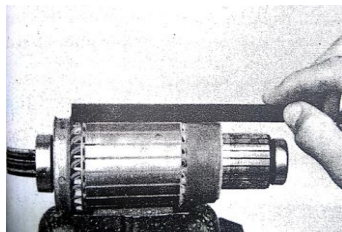




*Gambar 3.10 Pengukuran hubungan commutator dengan armature*  
(Sumber: Toyota, 1996, hlm. ST-30)

- Pengetesan hubungan pendek

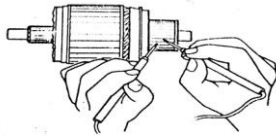
Menempatkan *armature* pada tester *armature* dan peganglah sebuah mata gergaji tangan pada inti *armature* sambil memutar *armature*nya. Jika daun gergaji tangan tertarik atau bergetar maka *armature* telah mengalami sirkuit pendek dan harus diganti.



*Gambar 3.11 Pengujian hubungan pendek*  
(Sumber: Toyota, 1981, hlm. 7-17)

- Pengujian sirkuit terbuka

Memeriksa hubungan segmen *commutator* dengan menggunakan multimeter skala ohm, pemeriksaan anatar satu segmen dengan segmen lainnya pada *commutator* dengan hasil pemeriksaan ada hubungan antara satu segmen dengan segmen lainnya, apabila tidak ada hubungan menandakan *armature* coil terputus.

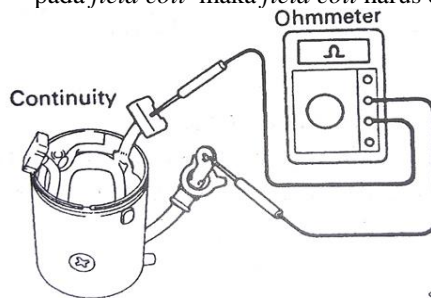


Gambar 3.12 Pengujian sirkuit terbuka  
(Sumber: Toyota: 1996, hlm. ST-30)

#### 4. Field Coil

- Pengetesan sirkuit terbuka

Memeriksa apakah ada hubungan antara kawat timah dengan timah sikat *field coil* dengan menggunakan ohm meter. Jika tidak ada hubungan berarti terjadi sirkuit terbuka pada *field coil* maka *field coil* harus diganti.

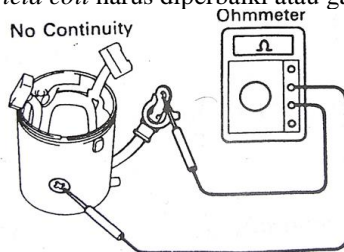


ST1101

Gambar 3.13 Inspect field coil for open circuit  
(Sumber: Toyota, 1996, hlm. ST-18)

- Pengujian arde

Memeriksa hubungan antara ujung *field coil* dengan rangka *field* pastikan tidak ada hubungan. Jika ada hubungan, maka *field coil* harus diperbaiki atau ganti.

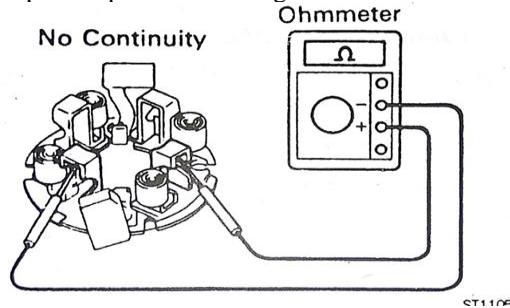


ST1102

Gambar 3.14 Inspect field coil for ground  
(Sumber: Toyota, 1996, hlm. ST-18)

### 5. Brush Holder

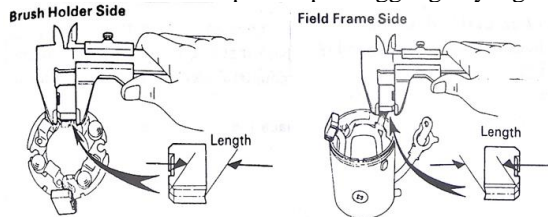
Melakukan pengetesan isolasi brush holder (pemegang sikat) antara terminal (+) dan terminal (-) jika kondisinya tidak baik brush holder perlu diperbaiki atau diganti.



Gambar 3.15 Pemeriksaan isolasi brush holder  
(Sumber: Toyota, 1996, hlm. ST-19)

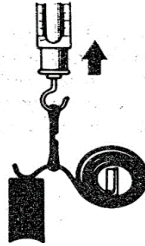
### 6. Brush (Sikat)

- Mengukur panjang brush (sikat) dengan panjang sikat standar 20.5 mm (0.80 in.) dan batas limit 12.0 mm (0.47 in.) jika sikat sudah melebihi limit maka harus diganti. Sikat yang baru harus diampelas terlebih dahulu untuk mendapatkan persinggungan yang tepat.



Gambar 3.16 Pengukuran panjang sikat (Brushes)  
(Sumber: Toyota, 1996, hlm ST-19)

- Mengukur beban pegas sikat setelah dipasang menggunakan pull scale, bacalah pull scale tepat pada waktu pegas bawah limit, pegas harus diganti, standar beban terpasang 1.4 – 1.6 kg (3.1 – 3.5 lb/ 14-16 N) minimum beban terpasang 1.0 kg (2.2 lb/ 10 N).



Gambar 3.17 Pengukuran brush spring menggunakan pull scale  
(Sumber: Toyota, 1996, hlm ST-19)

#### 7. Kopling Starter

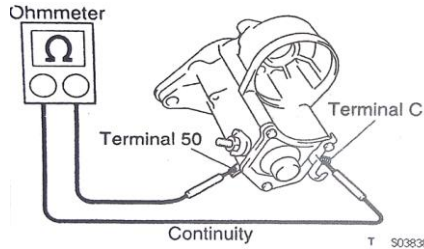
Memeriksa gigi roda pinion dari kemungkinan aus atau cacat jika kondisi tidak baik roda gigi harus diganti. Memeriksa kemungkinan kopling tidak dapat berputar dengan bebas atau slip, jikalau perlu diganti.



Gambar 3.18 Memeriksa putaran pinion gear  
(Sumber: Toyota: 1996, hlm. ST-20)

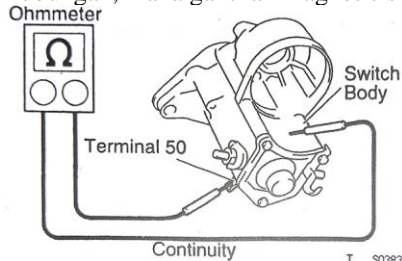
#### 8. Magnetic Switch

- Pengetesan sirkuit terbuka pada pull-in coil  
Dengan menggunakan ohm meter, memeriksa hubungan antara terminal 50 dengan terminal C. Bila tidak ada hubungan gantilah magnetic switchnya.



Gambar 3.19 Pengetesan sirkuit terbuka pada pull-in  
(Sumber: Toyota: 1996, hlm. ST-22)

- Pengetesan sirkuit terbuka pada hold-in coil  
Dengan menggunakan ohm meter, memeriksa hubungan antara terminal 50 dengan switch body. Bila tidak ada hubungan, maka gantilah magnetic switchnya.



Gambar 3.20 Pengetesan sirkuit terbuka pada hold-in coil  
(Sumber: Toyota: 1996, hlm. ST-22)

### 3.3 Perhitungan *Performance* Motor Starter Tipe Reduksi pada Toyota 14B

*Performance* motor starter sangat berpengaruh terhadap proses menghidupkan *engine*. Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui *performance* motor starter agar bisa memutarakan *flywheel* adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1. Perhitungan daya input motor starter tipe reduksi pada Toyota 14B

Diketahui:

- Tegangan baterai = 12 V
- Arus baterai = 140 A

Perhitungan untuk mencari daya *input* pada motor starter bisa menggunakan rumus:

$$P_{in} = V \cdot I \quad (\text{Kusumah dan Sumardi, 2008, hlm. 20})$$

Keterangan,

$V$  = Tegangan Baterai (Volt)

$I$  = Arus Baterai (Ampere)

$P_{in}$  = Daya *Input* (Watt)

Maka,

$$P_{in} = V \cdot I$$

$$P_{in} = 12 \text{ V} \cdot 140 \text{ A}$$

$$P_{in} = 1680 \text{ Watt}$$

Jadi, daya yang masuk pada motor starter 1680 watt.

Besarnya daya *output* lebih tinggi dibanding besar daya *input*. Perbedaan tersebut dapat diperoleh nilai *efisiensi* daya yang dihasilkan pada motor starter dengan menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\% \quad (\text{Zuhal, 1991, hlm. 157})$$

Keterangan,

$\eta$  = *Efisiensi*

$P_{out}$  = Daya *Output*

Maka,

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1.68 \text{ Kw}}{2.0 \text{ Kw}} \times 100\%$$

$$\eta = 84 \%$$

sehingga, *efisiensi* daya yang dihasilkan pada motor starter 84 %

### 3.3.2. Hubungan arus listrik dengan tegangan pada motor starter tipe reduksi

Hubungan arus listrik dengan tegangan listrik dapat diketahui dengan menggunakan rumus yang diturunkan dari rumus:

$$P = V \cdot I$$

$$V = \frac{P_{out}}{I}$$

Diketahui:

$$P_{out} = 2000 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 25 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{25 \text{ A}} \\ V &= 80 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 45 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{45 \text{ A}} \\ V &= 44,44 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 65 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{65 \text{ A}} \\ V &= 30,76 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 85 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{85 \text{ A}} \\ V &= 23,52 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 115 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{115 \text{ A}} \\ V &= 17,39 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 125 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{125 \text{ A}} \\ V &= 16 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 145 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{145 \text{ A}} \\ V &= 13,79 \text{ V} \end{aligned}$$

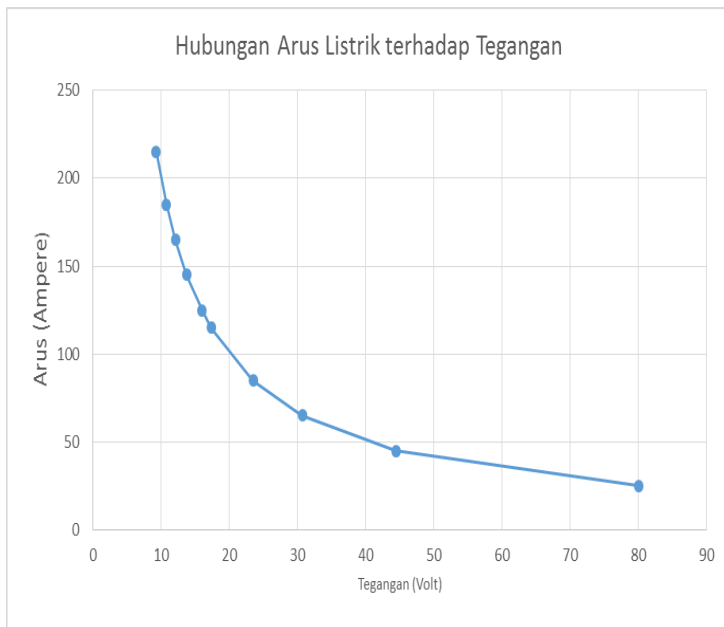
$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 165 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{165 \text{ A}} \\ V &= 12,12 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 185 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{185 \text{ A}} \\ V &= 10,8 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Jika } I = 215 \text{ A} \\ V &= \frac{2000 \text{ Watt}}{215 \text{ A}} \\ V &= 9,3 \text{ V} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa besarnya arus listrik berbanding terbalik dengan besar tegangan listrik, semakin besar arus listrik yang mengalir, maka semakin kecil tegangan listrik yang terpakai. Hubungan tersebut bisa dilihat dari grafik dibawah ini:

- a. Arus listrik = 25 A, Tegangan listrik = 80 V
- b. Arus listrik = 45 A, Tegangan listrik = 44,44 V
- c. Arus listrik = 65 A, Tegangan listrik = 30,76 V
- d. Arus listrik = 85 A, Tegangan listrik = 23,52 V
- e. Arus listrik = 115 A, Tegangan listrik = 17,39 V
- f. Arus listrik = 125 A, Tegangan listrik = 16 V
- g. Arus listrik = 145 A, Tegangan listrik = 13,78 V
- h. Arus listrik = 165 A, Tegangan listrik = 12,12 V
- i. Arus listrik = 185 A, Tegangan listrik = 10,8 V
- j. Arus listrik = 215 A, Tegangan listrik = 9,3 V



*Gambar 3.21 Grafik Hubungan Arus Listrik dengan Tegangan Listrik*



### 3.3.3. Hubungan arus listrik dengan putaran pada motor starter tipe reduksi

Diketahui:

$$\begin{aligned} P_{int} &= 1680 \text{ Watt} \\ I &= 140 \text{ Ampere} \\ V &= 12 \text{ Volt} \\ n &= 3900 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Perhitungan putaran motor starter dapat dicari dengan rumus:

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi} \quad (\text{Zuhal, 1991, hlm. 152})$$

keterangan:

$$\begin{aligned} n &= \text{Putar motor starter (Rpm)} \\ V_{tot} &= \text{Tegangan total (V)} \\ R &= \text{Hambatan } (\Omega) \\ \Phi &= \text{Flux magnetic (Weber)} \end{aligned}$$

Tegang total dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$V_{tot} = V + IR$$

Besarnya hambatan dapat diperoleh dari rumus:

$$P_{in} = VI$$

$$P_{in} = V \frac{V}{R}$$

$$P_{in} = \frac{V^2}{R} \quad (\text{Kusumah dan Sumardi, 2008, hlm. 21})$$

(Kusumah dan Sumardi,

$$R = \frac{V^2}{P_{in}}$$

Maka,

$$\begin{aligned} R &= \frac{V^2}{P_{in}} \\ R &= \frac{12^2 V}{1680 \text{ Watt}} \\ R &= 0,085 \Omega \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} V_{tot} &= V + IR \\ V_{tot} &= 12 \text{ V} + 140 \text{ A} \cdot 0,085 \Omega \\ V_{tot} &= 23,9 \text{ V} \end{aligned}$$

Hasil perkalian antara *flux magnetic* dengan bilangan konstanta dapat diperoleh menggunakan rumus:

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$k\Phi = \frac{V_{tot} - IR}{n}$$

Maka,

$$k\Phi = \frac{23,9 V - 140 A \cdot 0,085 \Omega}{3900 Rpm}$$

$$k\Phi = \frac{12 V}{3900 Rpm}$$

$$k\Phi = 0,003$$

Hubungan arus listrik dengan putaran adalah sebagai berikut:

- Jika  $I = 25$  A maka,

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 25 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 2,125}{0,003}$$

$$n = 7258 Rpm$$

- Jika  $I = 45$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 45 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 3,825}{0,003}$$

$$n = 6691 Rpm$$

- Jika  $I = 65$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 65 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 5,525}{0,003}$$

$$n = 6125 Rpm$$

- Jika  $I = 125$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 125 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 10,625}{0,003}$$

$$n = 4425 Rpm$$

- Jika  $I = 145$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 145 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 12,325}{0,003}$$

$$n = 3858 Rpm$$

- Jika  $I = 165$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 165 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 14,025}{0,003}$$

$$n = 3291 Rpm$$

- Jika  $I = 85$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 85 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 7,225}{0,003}$$

$$n = 5558 \text{ Rpm}$$

- Jika  $I = 115$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 115 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 9,775}{0,003}$$

$$n = 4708 \text{ Rpm}$$

- Jika  $I = 185$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

$$n = \frac{23,9 V - 185 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 15,725}{0,003}$$

$$n = 2725 \text{ Rpm}$$

- Jika  $I = 215$

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi}$$

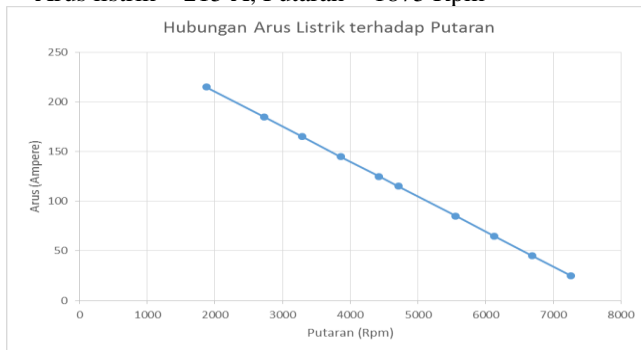
$$n = \frac{23,9 V - 215 A \cdot 0,085 \Omega}{0,003}$$

$$n = \frac{23,9 - 18,275}{0,003}$$

$$n = 1875 \text{ Rpm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diketahui bahwa besar arus listrik berbanding terbalik dengan putaran motor starter, semakin besar arus listrik yang mengalir, maka semakin lambat putaran motor starter. Hubungan arus listrik dengan putaran motor starter dapat dilihat dari grafik dibawah ini:

- a. Arus listrik = 25 A, Putaran = 7258 Rpm
- b. Arus listrik = 45 A, Putaran = 6691 Rpm
- c. Arus listrik = 65 A, Putaran = 6125 Rpm
- d. Arus listrik = 85 A, Putaran = 5558 Rpm
- e. Arus listrik = 115 A, Putaran = 4708 Rpm
- f. Arus listrik = 125 A, Putaran = 4425 Rpm
- g. Arus listrik = 145 A, Putaran = 3858 Rpm
- h. Arus listrik = 165 A, Putaran = 3291 Rpm
- i. Arus listrik = 185 A, Putaran = 2725 Rpm
- j. Arus listrik = 215 A, Putaran = 1875 Rpm



Gambar 3.22 Grafik Hubungan Arus Listrik dengan Putaran Motor Starter

### 3.3.4. Hubungan arus listrik dengan momen puntir pada motor starter tipe reduksi

Diketahui:

$$P_{in} = 1680 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 2000 \text{ Watt}$$

$$n = 3900 \text{ Rpm}$$

$$V = 12 \text{ Volt}$$

Perhitungan hubungan antara arus listrik dengan momen puntir dapat menggunakan rumus:

$$P = \frac{2\pi n T}{60} \quad (\text{Khurni \& Gupta. 1982. hlm 107})$$

Jadi,

$$V \cdot I = \frac{2\pi n T}{60}$$

Maka,

$$T = \frac{60 \cdot V \cdot I}{2\pi n}$$

a. Jika  $I = 25$  A maka,

$$T = \frac{60 \cdot 12 \text{ V} \cdot 25 \text{ A}}{2 \cdot 3,14 \cdot 3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{18000 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$T = 0,73 \text{ Nm}$

b. Jika  $I = 45$  A maka,

$$T = \frac{60 \cdot 12 \text{ V} \cdot 45 \text{ A}}{2 \cdot 3,14 \cdot 3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{32400 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$T = 1,32 \text{ Nm}$

c. Jika  $I = 65$  A maka,

$$T = \frac{60 \cdot 12 \text{ V} \cdot 65 \text{ A}}{2 \cdot 3,14 \cdot 3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{46800 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$$T = 1,91 \text{ Nm}$$

d. Jika  $I = 85$  A maka,

$$T = \frac{60 \cdot 12 \text{ V} \cdot 85 \text{ A}}{2 \cdot 3,14 \cdot 3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{61200 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$T = 2,49 \text{ Nm}$

e. Jika  $I = 115$  A maka,

$$T = \frac{60 \cdot 12 \text{ V} \cdot 115 \text{ A}}{2 \cdot 3,14 \cdot 3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{82800 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$$T = 3,38 \text{ Nm}$$

f. Jika  $I = 125 \text{ A}$  maka,

$$T = \frac{60.12 \text{ V} \cdot 125 \text{ A}}{2.3,14.3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{90000 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$$T = 3,67 \text{ Nm}$$

g. Jika  $I = 145 \text{ A}$  maka,

$$T = \frac{60.12 \text{ V} \cdot 145 \text{ A}}{2.3,14.3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{104400 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$$T = 4,26 \text{ Nm}$$

h. Jika  $I = 165 \text{ A}$  maka,

$$T = \frac{60.12 \text{ V} \cdot 165 \text{ A}}{2.3,14.3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{118800 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$$T = 4,85 \text{ Nm}$$

i. Jika  $I = 185 \text{ A}$  maka,

$$T = \frac{60.12 \text{ V} \cdot 185 \text{ A}}{2.3,14.3900 \text{ Rpm}}$$

$$T = \frac{133200 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$$T = 5,43 \text{ Nm}$$

j. Jika  $I = 215 \text{ A}$  maka,

$$T = \frac{60.12 \text{ V} \cdot 215 \text{ A}}{2.3,14.3900 \text{ Rpm}}$$

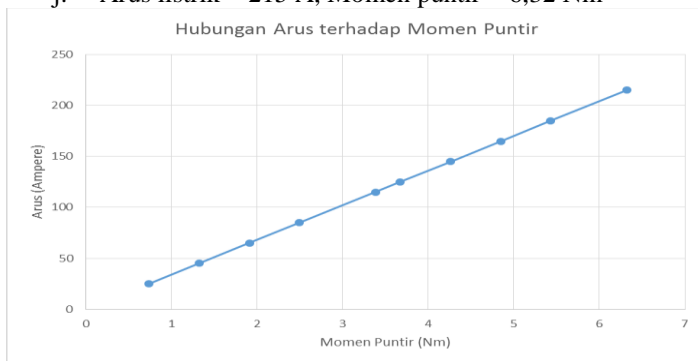
$$T = \frac{154800 \text{ Watt}}{24492 \text{ Rpm}}$$

$$T = 6,32 \text{ Nm}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa besarnya arus listrik berbanding lurus dengan momen puntir motor starter, semakin besar arus listrik yang dialirkan, maka besar pula momen puntir motor starter bisa dilihat dari grafik dibawah ini:

Diketahui:

- a. Arus listrik = 25 A, Momen puntir = 0,73 Nm
- b. Arus listrik = 45 A, Momen puntir = 1,32 Nm
- c. Arus listrik = 65 A, Momen puntir = 1,91 Nm
- d. Arus listrik = 85 A, Momen puntir = 2,49 Nm
- e. Arus listrik = 115 A, Momen puntir = 3,38 Nm
- f. Arus listrik = 125 A, Momen puntir = 3,67 Nm
- g. Arus listrik = 145 A, Momen puntir = 4,26 Nm
- h. Arus listrik = 165 A, Momen puntir = 4,85 Nm
- i. Arus listrik = 185 A, Momen puntir = 5,43 Nm
- j. Arus listrik = 215 A, Momen puntir = 6,32 Nm



*Gambar 3.23 Grafik Hubungan Arus Listrik dengan Momen Puntir Motor Starter*

### 3.4 Penjelasan Hasil Perhitungan dari Sistem Motor Starter Tipe Reduksi

Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, sesuai dengan karakteristik motor arus searah tipe motor seri yang dikemukakan oleh Zuhail (1991, hlm. 156) yaitu sebagai berikut:

1. Makin besar arus yang digunakan oleh starter maka makin kecil tegangan yang digunakan. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:
  - a. Arus listrik = 25 A, Tegangan listrik = 80 V

- b. Arus listrik = 45 A, Tegangan listrik = 44,44 V
  - c. Arus listrik = 65 A, Tegangan listrik = 30,76 V
  - d. Arus listrik = 85 A, Tegangan listrik = 23,52 V
  - e. Arus listrik = 115 A, Tegangan listrik = 17,39 V
  - f. Arus listrik = 125 A, Tegangan listrik = 16 V
  - g. Arus listrik = 145 A, Tegangan listrik = 13,78 V
  - h. Arus listrik = 165 A, Tegangan listrik = 12,12 V
  - i. Arus listrik = 185 A, Tegangan listrik = 10,8 V
  - j. Arus listrik = 215 A, Tegangan listrik = 9,3 V
2. Makin cepat putaran motor, maka makin besar gaya *elektromotiv* lawan yang dibangkitkan oleh *armature coil* dan makin kecil arus yang mengalir. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:
- a. Arus listrik = 25 A, Putaran = 7258 Rpm
  - b. Arus listrik = 45 A, Putaran = 6691 Rpm
  - c. Arus listrik = 65 A, Putaran = 6125 Rpm
  - d. Arus listrik = 85 A, Putaran = 5558 Rpm
  - e. Arus listrik = 115 A, Putaran = 4708 Rpm
  - f. Arus listrik = 125 A, Putaran = 4425 Rpm
  - g. Arus listrik = 145 A, Putaran = 3858 Rpm
  - h. Arus listrik = 165 A, Putaran = 3291 Rpm
  - i. Arus listrik = 185 A, Putaran = 2725 Rpm
  - j. Arus listrik = 215 A, Putaran = 1875 Rpm
3. Makin besar arus listrik yang digunakan akan membangkitkan momen puntir yang terjadi pada motor *starter* menjadi besar. Hasil ini sesuai dengan hasil perhitungan sebagai berikut:
- a. Arus listrik = 25 A, Momen puntir = 0,73 Nm
  - b. Arus listrik = 45 A, Momen puntir = 1,32 Nm
  - c. Arus listrik = 65 A, Momen puntir = 1,91 Nm
  - d. Arus listrik = 85 A, Momen puntir = 2,49 Nm
  - e. Arus listrik = 115 A, Momen puntir = 3,38 Nm
  - f. Arus listrik = 125 A, Momen puntir = 3,67 Nm
  - g. Arus listrik = 145 A, Momen puntir = 4,26 Nm
  - h. Arus listrik = 165 A, Momen puntir = 4,85 Nm
  - i. Arus listrik = 185 A, Momen puntir = 5,43 Nm
  - j. Arus listrik = 215 A, Momen puntir = 6,32 Nm



4. Makin besar arus dan momen puntir yang dibangkitkan oleh motor *starter*, akan membuat makin kecil putaran motor *starter*. Hali ini sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:
  - a. Arus listrik = 25 A, Momen puntir = 0,73 Nm, Putaran = 7258 Rpm
  - b. Arus listrik = 45 A, Momen puntir = 1,32 Nm Putaran = 6691 Rpm
  - c. Arus listrik = 65 A, Momen puntir = 1,91 Nm Putaran = 6125 Rpm
  - d. Arus listrik = 85 A, Momen puntir = 2,49 Nm Putaran = 5558 Rpm
  - e. Arus listrik = 115 A, Momen puntir = 3,38 Nm Putaran = 4708 Rpm
  - f. Arus listrik = 125 A, Momen puntir = 3,67 Nm Putaran = 4425 Rpm
  - g. Arus listrik = 145 A, Momen puntir = 4,26 Nm Putaran = 3858 Rpm
  - h. Arus listrik = 165 A, Momen puntir = 4,85 Nm Putaran = 3291 Rpm
  - i. Arus listrik = 185 A, Momen puntir = 5,43 Nm Putaran = 2725 Rpm
  - j. Arus listrik = 215 A, Momen puntir = 6,32 Nm Putaran = 1875 Rpm
  
5. Berdasarkan Toyota (2002, hlm. 6) mengemukakan bahwa: “berdasarkan arus yang mengalir melalui motor membangkitkan momen puntir yang besar, akan tetapi tegangan menurun pada terminal baterai”. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:
  - a. Arus listrik = 25 A, Momen puntir = 0,73 Nm, Tegangan = 80 V
  - b. Arus listrik = 45 A, Momen puntir = 1,32 Nm Tegangan = 44,44 V
  - c. Arus listrik = 65 A, Momen puntir = 1,91 Nm Tegangan = 30,76 V
  - d. Arus listrik = 85 A, Momen puntir = 2,49 Nm Tegangan = 23,52 V
  - e. Arus listrik = 115 A, Momen puntir = 3,38 Nm Tegangan = 17,39 V

- f. Arus listrik = 125 A, Momen puntir = 3,67 Nm Tegangan = 16 V
- g. Arus listrik = 145 A, Momen puntir = 4,26 Nm Tegangan = 13,78 V
- h. Arus listrik = 165 A, Momen puntir = 4,85 Nm Tegangan = 12,12 V
- i. Arus listrik = 185 A, Momen puntir = 5,43 Nm Tegangan = 10,8 V
- j. Arus listrik = 215 A, Momen puntir = 6,32 Nm Tegangan = 9,3

