

ANALISIS KELISTRIKAN SISTEM *STARTER* TIPE KONVENSIONAL UNTUK *PENGERAK MULA MOTOR BENSIN*



Tatang Permana¹, Eka Daryanto², Olnes Y Hutajulu³

¹Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

^{2,3}Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

¹Pendidikan Teknik Mesin

permana@upi.edu

ABSTRAK

Teknologi kelistrikan motor terdiri dari sistem starter, sistem pengapian dan sistem pengisian. Setiap sistem kelistrikan motor akan mengalami permasalahan gejala lamanya waktu dan cara pemakaian, tidak terkecuali pada sistem starter motor Bensin dan Diesel. Permasalahan yang lazim terjadi adalah motor *starter* performennya menjadi kurang, sehingga tidak dapat memutar *flywheel* motor tersebut kembali. Permasalahan tersebut terjadi pada sistem starter tipe konvensional. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara kuat arus listrik terhadap momen puntir pada motor *starter* tipe konvensional, dan mengetahui daya yang dihasilkan oleh motor *starter* tipe konvensional. Hasil analisis dan perhitungan pada sistem starter tipe konvensional adalah semakin besar kuat arus listrik yang dialirkan maka momen puntir yang dihasilkan semakin besar, hasil perhitungan daya *input* ke motor *starter* adalah 1,2 Kw yang akan menghasilkan daya *output* sebesar 0,9 Kw dengan nilai efisiensi daya sebesar 75 %, dan kuat arus yang digunakan untuk dapat menghidupkan motor, adalah arus listrik mengalir 100 A dengan tegangan 12 V dan torsi 3,28 Nm.

Kata kunci: Motor starter Konvensional, Kuat arus, momen puntir, Efisiensi Daya *Output* dan *Input*

ABSTRACT

The motor's electrical technology consists of a starter system, ignition system and charging system. Every motorcycle electrical system will experience problems over the length of time it is used, including the gasoline and diesel motor starter systems. The problem that commonly occurs is that the starter motor becomes less performing, so that the *flywheel* motor cannot rotate again. This problem occurs in the conventional type starter motor system. The purpose of this study was to determine the relationship between electric current strength and torsional moment on a conventional type starter motor, and determine the power generated by a conventional type starter motor. The results of the analysis and calculations on the conventional type starter system are that the greater the electric current flowing, the greater the torsional moment produced, the calculated input power to the starter motor is 1.2 Kw which will produce an output power of 0.9 Kw with an efficiency value power of 75%, and the current used to start the motor, is an electric current flowing 100 A with a voltage of 12 V and a torque of 3.28 Nm.

Keywords: Conventional starter motor, Current strength, torque, Output and Input Power Efficiency

1. Pendahuluan

Era globalisasi merupakan zaman dimana teknologi semakin berkembang pesat disegala bidang, khususnya di bidang otomotif. Perkembangan teknologi otomotif ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah manusia yang membutuhkan alat transportasi darat yang lebih nyaman, kuat serta ekonomis. Data Pulau Besar tahun 2011 pada Buku Informasi Statistik Pekerjaan Umum 2013 menyebutkan perbandingan jumlah penduduk di Indonesia mencapai 251.857.940 jiwa dan jumlah kendaraan

bermotor 85.890.996 unit, dapat disimpulkan dari data tersebut bahwa perbandingan populasi manusia dengan kendaraan bermotor adalah 3 jiwa : 1 unit. Setiap unit kendaraan seiring berjalannya waktu pasti membutuhkan perawatan dan perbaikan agar kendaraan tetap sesuai performennya, Fenomena tersebut akan menyebabkan akan banyaknya kendaraan bermotor yang akan datang ke bengkel untuk melakukan perawatan ataupun perbaikan. Tentunya untuk menangani hal itu diperlukan para

teknisi dan mekanik profesional untuk menangani setiap permasalahan dan kerusakan kendaraan yang dikeluhkan oleh para pengendara agar kendaraannya selalu dalam keadaan siap pakai.

Teknologi kelistrikan pada kendaraan otomotif selalu berkembang secara signifikan, baik pada motor *electrical system* maupun pada *body electrical System*. Sistem Kelistrikan membahas tentang sistem kelistrikan yang ada pada motor, diantaranya adalah sistem pengapian (*ignition system*), sistem starter (*starter system*), dan sistem pengisian (*charging system*). Salah satu dari sistem kelistrikan motor yaitu sistem starter, yakni suatu penggerak awal mulanya motor dapat dihidupkan, karena motor tidak dapat hidup dengan sendirinya.

Sistem penggerak mula (*starter system*) yang dilengkapi pada kendaraan bermotor berfungsi untuk memutar *flywheel* (roda gila) sehingga poros engkol berputar dan terjadilah proses pembakaran gas segar yang merupakan campuran udara dan bahan bakar oleh percikan bunga api busi pada ruang bakar motor kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin baik jenis pertalite maupun pertamax. Sistem *starter* yang digunakan pada kendaraan bertujuan supaya mempermudah pengendara untuk menghidupkan kendaraannya. Prinsip kerja sistem *starter* adalah mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang memanfaatkan kaidah *fleming left hand*.

Motor Starter yang digunakan pada Motor otomotif ada 3 tipe, yaitu tipe konvensional (*direct drive*), tipe Reduksi yang banyak digunakan pada motor Diesel dan tipe Planetari Gear. Motor *starter* tipe konvensional bekerja tanpa adanya pereduksian roda gigi karena motor *starter* tipe konvensional hanya memiliki satu buah gear yaitu *pinion gear* saja, tanpa adanya pereduksian roda gigi maka moment putar yang dihasilkan pada motor *starter* tipe ini kecil dan tidak sebesar tipe motor *starter* lainnya. Kelebihan motor *starter* tipe konvensional ini adalah konstruksinya yang sederhana dibandingkan dengan tipe motor *starter* lainnya.

Sistem kelistrikan pada motor otomotif akan sejumlah gangguan seiring waktu dan cara pemakaian, tidak terkecuali pada sistem starter sebagai penggerak mula pada motor sebuah kendaraan. Permasalahan yang lazim terjadi adalah motor *starter* menjadi

performennya melemah sehingga tidak dapat memutar *flywheel* motor lagi. Permasalahan tersebut terjadi pada sistem *starter* tipe konvensional yang banyak digunakan pada motor *bensin*.

Tujuan dari penelitian ini secara prinsip ada dua, adalah sebagai berikut: 1) Mengetahui hubungan kuat arus listrik terhadap momen puntir pada motor *starter* tipe konvensional 2) Mengetahui daya yang dihasilkan oleh motor *starter* tipe konvensional.

2. Kajian Literatur

A. Rumus Yang Digunakan dalam Perhitungan Karakteristik Listrik Pada Motor Starter Tipe Konvensional

1. Hubungan Tegangan - Arus

Besaran kuat arus pada kawat dan kabel tidak hanya bergantung pada tegangan listrik, tetapi juga pada hambatan yang diberikan pada kawat dan kabel terhadap aliran elektron.

Elektron-elektron diperlambat karena adanya interaksi dengan atom-atom kawat/kabel. Makin besar hambatan ini makin kecil kuat arus untuk suatu tegangan (V). (Giancoli,2001) arus berbanding terbalik dengan hambatan. Ketika digabungkan hal ini didapatkan:

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

Dimana R adalah hambatan kawat/kabel atau suatu alat lainnya, V adalah beda potensial yang melintasi alat tersebut dan I adalah kuat arus yang mengalir padanya. Hubungan ini sering dituliskan:

$$V = IR \quad (2)$$

Persamaan Ini yang dikenal sebagai hukum Ohm.

2. Induktansi

Elemen rangkaian yang menyimpan energi di dalam suatu medan magnetic adalah *inductor* (juga dinamakan induktansi. Arus yang berubah-ubah tiap waktu, energi biasanya disimpan selama beberapa bagian siklus dan kemudian dikembalikan ke sumber selama bagian siklus yang lain. Induktansi dilepas dari sumber, maka medan magnetic akan hilang, dengan kata lain tidak ada energi yang disimpan tanpa adanya sumber yang tersambung (Edminister,JA,2004). Hubungan daya dan energi adalah

sebagai berikut:

$$P = VI \quad (3)$$

3. Daya

Besaran daya *output* dibandingkan dengan besaran daya input motor starter dapat diperoleh nilai efisiensi daya yang dihasilkan pada motor starter dengan menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (\text{Zuhal, 1991}) \quad (4)$$

Keterangan:

$$\eta = \text{Efisiensi}$$

4. Pengaturan Kecepatan

Pengaturan Kecepatan memegang peran penting dalam motor arus searah, karena motor arus searah mempunyai karakteristik kopel-kecepatan yang menguntungkan dibandingkan motor yang lainnya. Motor arus searah dapat diturunkan rumusnya menurut (Zuhal,1991) sebagai berikut:

$$E = Cn\theta \quad (5)$$

$$E = V_t - I_a R_a \quad (6)$$

$$n = \frac{V_t - I_a R_a}{c\theta} \quad (7)$$

Dari persamaan di atas, dapat diketahui bahwa kecepatan (n) dapat diatur dengan mengubah-ubah besaran Φ , R_a atau V_t V_{total} diperoleh menggunakan rumus:

Hambatan dapat diperoleh dari rumus: (TEAM, 1998, hlm2-16)

$$P_{in} = V \frac{V}{R} \quad (8)$$

$$P_{in} = \frac{v^2}{R} \quad (9)$$

$$R = \frac{v^2}{P_{in}} \quad (10)$$

5. Momen Gaya

Momen puntir mengelilingi satu sumbu, akibat suatu gaya, adalah ukuran efektifitas gaya dalam menghasilkan rotasi mengelilingi sumbu tersebut. Pada kontek ini digunakan persamaan (Khurmi & Gupta,1982)

$$P = \frac{2\pi NT}{60} \quad (11)$$

$$T = \frac{60 \cdot V \cdot I}{2 \pi n} \quad (12)$$

Dimana:

P = Daya (Watt)

T = Momen Puntir (N.m)

N = Kecepatan (Rpm)

3. Metodologi Penelitian

Mengkaji persoalan dalam system motor starter tipe konvensional ini, peneliti melakukan pendekatan penelitian

dengan metode Studi deskriptif pada motor starter yang digunakan pada motor bensin, tempat dilakukannya penelitian di *workshop* otomotif Departemen Pendidikan Teknik Mesin FPTK UPI. Sampel yang digunakan adalah motor starter tipe *Direct Gear* yang lebih dikenal tipe konvensional. Langkah analisis yang dilakukan adalah persiapan, melakukan *Over Haul* pada motor Starter tipe konvensional, melakukan pembersihan dan pengamatan secara visual, serta melakukan pengukuran pada setiap komponen, jika ada kerusakan melakukan rekondisi dan penggantian komponen. Setelah itu maka dilakukan perakitan kembali dan pengetesan atas kemampuan sistem motor starter tipe konvensional tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

A. Spesifikasi Starter Motor Bensin

Tabel 1. Spesifikasi Motor *Starter* Tipe *Direct Drive*

Keterangan	Spesifikasi
<i>Voltage</i>	12 V
KW	0,9 Kw
<i>Direction</i>	Clock Wise
<i>Teeth</i>	8
<i>Diameter Commutator</i>	32 mm
<i>Pinion Diameter</i>	28 mm
<i>Drive at Rest</i>	17 mm
<i>Flange</i>	77 mm
<i>Distance X</i>	1015 mm
<i>Distance Y</i>	0 mm
<i>Distance Z</i>	0 mm
<i>Mounting Hole Dia</i>	M 10 mm
<i>Overall Length</i>	186 mm
<i>Minimum Operating Speed</i>	3500 rpm
<i>Minimum Current</i>	100 A
<i>Bore</i>	3,17 in
<i>Stroke</i>	3,39 in

B. Perhitungan *Performance* Motor *Starter* Tipe konvensional

Performance motor *starter* sangat berpengaruh terhadap proses menghidupkan motor. *Performance* yang lemah akan membuat motor sulit dihidupkan. Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui *performance* motor *starter* agar bisa memutarakan *flywheel* lsebagai berikut:

a) **Perhitungan Daya Input Motor Starter**

Diketahui:

- Tegangan Baterai = 12 V
 - Arus Motor Starter = 100 A
- Perhitungan untuk mencari daya input pada motor starter bisa menggunakan rumus:

$$P_{in} = VI \quad (13)$$

Keterangan,

V = Tegangan Baterai (Volt)

I = Arus Motor Starter (A)

P_{in} = Daya Input (Watt)

Maka,

$$P_{in} = VI \quad (14)$$

$$P_{in} = 12 V \cdot 100 A \quad (15)$$

$$P_{in} = 1200 \text{ watt} = 1,2 \text{ Kw} \quad (16)$$

Jadi daya yang masuk pada motor starter 1200 watt.

Besar daya Output dibandingkan dengan besar daya input akan dapat diperoleh nilai efisiensi daya yang dihasilkan pada motor dengan menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (17)$$

Keterangan,

$$\eta = \text{Efisiensi}$$

$$P_{out} = \text{Daya Output}$$

Diketahui:

$$P_{out} = 0,9 \text{ Kw}$$

$$P_{in} = 1,2 \text{ Kw}$$

Maka,

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (18)$$

$$\eta = \frac{0,9 \text{ Kw}}{1,2 \text{ Kw}} \times 100 \%$$

$$\eta = 75 \%$$

Sehingga efisiensi daya yang dihasilkan pada motor starter sebesar 75%

a. **Hubungan Arus Listrik Dengan Putaran Pada Motor Starter diketahui :**

- a. P_{out} = 900 Watt
- b. I = 100 Ampere
- c. V = 12 Volt
- d. n = 3500 Rpm

Perhitungan putaran motor starter dapat dicari dengan rumus :

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi} \quad (19)$$

Keterangan:

N = Putaran

motor starter (Rpm)

V_{tot} = Tegangan total (V)

R = Hambatan (Ω)

Φ = Flux magnetic (Weber)

Tegangan total dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$V_{tot} = V + IR \quad (20)$$

Besarnya hambatan dapat diperoleh dari rumus:

$$P_{in} = VI \quad (21)$$

$$P_{in} = V \frac{V}{R} \quad (22)$$

$$P_{in} = \frac{V^2}{R} \quad (23)$$

$$R = \frac{V^2}{P_{in}} \quad (24)$$

Maka

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

$$R = \frac{12^2}{1200 \text{ Watt}}$$

$$R = 0,12 \Omega$$

Sehingga,

$$V_{tot} = V + IR \quad (25)$$

$$V_{tot} = 12 V + 100 A \cdot 0,12 \Omega$$

$$V_{tot} = 24 V$$

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

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi} \quad (26)$$

$$k\Phi = \frac{V_{tot} - IR}{n} \quad (27)$$

Maka,

$$k\Phi = \frac{24V - 100A \cdot 0,12\Omega}{3500 \text{ rpm}}$$

$$k\Phi = 0,0034$$

Sehingga,

$$n = \frac{V_{tot} - IR}{k\Phi} \quad (28)$$

Hubungan arus listrik dengan putaran adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hubungan Arus Listrik dan Putaran

Arus Listrik (A)	Putaran (rpm)
20	6352.9
40	5647.1
60	4941.2
80	4235.3
100	3529.4
120	2823.5

140	2117.6
160	1411.8
180	705.9
200	0

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diketahui bahwa besar arus listrik berbanding terbalik dengan putaran motor *starter*, semakin besar arus listrik yang mengalir, maka semakin lambat putaran motor *starter*.

b. Hubungan Arus Listrik Dengan Momen Puntir Pada Motor Starter Tipe Direct Drive

Diketahui

- a. P_{in} = 1200 Watt
- b. P_{out} = 1200 Watt
- c. V = 12 Volt
- d. n = 3500 Rpm

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

$$P_{out} = \frac{2\pi nT}{60} \quad (29)$$

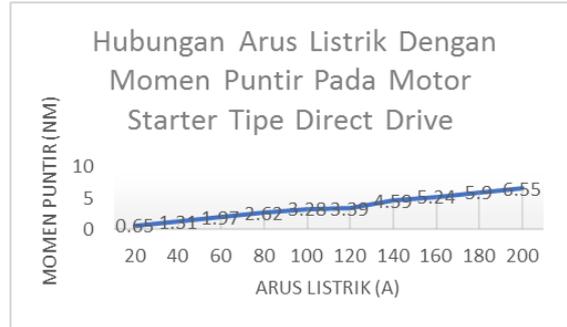
$$V.I = \frac{2\pi nT}{60} \quad (30)$$

$$T = \frac{60.V.I}{2\pi n} \quad (31)$$

Tabel 4. Hubungan Arus Listrik dengan Momen Puntir

Arus Listrik (A)	Momen Puntir (Nm)
20	0.65
40	1.31
60	1.97
80	2.62
100	3.28
120	3.39
140	4.59
160	5.24
180	5.9
200	6.55

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

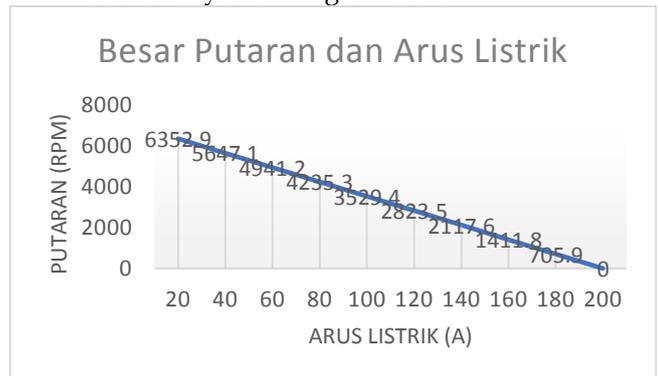


Gambar 2. Hubungan Arus Listrik Dengan Momen Puntir

C. Penjelasan Hasil Perhitungan dari Sistem Motor Starter Tipe Direct Drive

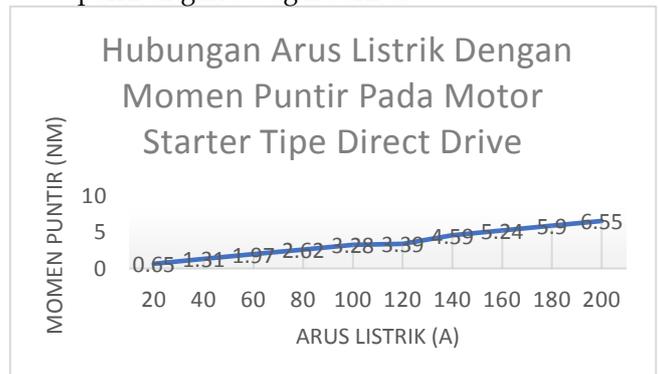
Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, sesuai dengan karakteristik motor arus searah tipe motor seri yang dikemukakan oleh Zuhal (1991, hlm. 156:

1. Makin cepat putaran motor, 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:



Gambar 3. Hubungan Putaran dengan Arus Listrik

2. 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:



Gambar 4. Grafik Hubungan Arus Listrik dengan Momen Puntir

3. Makin besar arus dan momen puntir yang dibangkitkan oleh motor starter, akan membuat makin kecil putaran motor starter. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

Tabel 5. Hubungan Arus Listrik, Momen Puntir dan Putaran

Arus Listrik (A)	Momen Puntir (Nm)	Putaran (rpm)
20	0.65	6352.9
40	1.31	5647.1
60	1.97	4941.2
80	2.62	4235.3
100	3.28	3529.4
120	3.39	2823.5
140	4.59	2117.6
160	5.24	1411.8
180	5.9	705.9
200	6.55	0

4. Berdasarkan TEM (2002, hlm. 6) mengemukakan bahwa: "besarnya 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

Tabel 6. Hubungan Arus Listrik, Momen Puntir, dengan Tegangan Listrik

Arus Listrik (A)	Momen Puntir (Nm)	Tegangan Listrik (V)
20	0.65	45
40	1.31	22.5
60	1.97	15
80	2.62	11.25
100	3.28	9
120	3.39	7.5
140	4.59	6.4
160	5.24	5.6
180	5.9	5
200	6.55	4.5

5. Arus yang digunakan untuk dapat menghidupkan motor yang memiliki spesifikasi putaran 3500 rpm adalah kuat arus mengalir dibawah 100 A dengan tegangan batterai 12 V dan torsi 3,28 Nm

5. Simpulan

Analisis motor *starter* tipe Konvensional pada motor bensin membuktikan bahwa

1. Besarnya arus listrik berbanding lurus dengan momen puntir. Semakin besar arus listrik yang dialirkan, maka besar pula momen puntir yang dihasilkan.
2. Hasil perhitungan daya *input* ke motor *starter* adalah 1,2 Kw, yang akan menghasilkan daya *output* sebesar 0,9 Kw dengan nilai efisiensi antara daya *input* dan *dayaoutput* adalah 75 %.
3. Arus yang digunakan untuk dapat menghidupkan motor yang memiliki spesifikasi putaran 3500 rpm adalah arus mengalir 100 A dengan tegangan 12 V dan torsi 3,28 Nm.

6. Implikasi dan Rekomendasi

Setelah melakukan analisis sistem kelistrikan motor *starter* tipe konvensional pada motor bensin penulis memberikan implikasi dan rekomendasi diantaranya sebagai berikut. Peneliti motor *starter* selanjutnya, agar memperhatikan selalu spesifikasi dari *manual book* kendaraan yang akan diteliti, agar hasil perhitungan bisa lebih akurat, dan melakukan pengukuran secara langsung sehingga mendapat hasil untuk diperbandingkan

7. Daftar Pustaka

- Autoexpose. (2017). *Cara Kerja Magnetic Switch pada Motor Starter + Rangkaianannya*. Diakses dari: <https://www.autoexpose.org/2017/03/cara-kerja-magnetic-switch.html>.
- Berahim, Hamzah. (1996). *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Daryanto. (2009). *Teknik Pemeliharaan Mobil*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Daryanto. (2014). *Prinsip Dasar Kelistrikan Otomotif*. Bandung: Alfabeta.
- Effendi, Rustam, Selamet Syamsudin, Wilson S. Sinambela, Soemarto. (2007). *Medan Elektromagnetika Terapan*. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, D.C. (2001). *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Khurmi, R.S. & Gupta, J.K. (1982). *A Text Book Of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House (pvt.) LTD.
- Revzilla. *Starter Clutch*. Diakses dari: <https://www.revzilla.com/product>.
- Suryatmo, F. (1995). *Teknik Listrik Arus Searah*. Jakarta: P.T. Bumi Aksara.

- TEAM. (1996). *Pedoman Reparasi Mesin Seri K*. P.T.Toyota Astra Motor.
- TEAM. (1998). *New Step 1 Training Manual*. PT.Toyota Astra Motor.
- TEAM. (2002). *New Step 2 Training Manual*. Jakarta:PT. Toyota Astra Motor.
- TEAM. (2012). *Toyota Service Training Team 21 Toyota Technician*. PT. Toyota Astra Motor.
- Uzlivatul Janah. (2015). *Sistem Starter*. Diakses dari: <http://kelistrikanengineblog.blogspot.co.id/2015/04/sistem-starter.html>.
- Wikipedia. (2017). *Sistem*. Diakses dari: <https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem>.
- Zuhal. (1991). *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB.