

PERUBAHAN SUDUT PENYALAAAN TIRISTOR PADA PENYEARAH GELOMBANG PENUH TERKENALI PENUH TERHADAP PUTARAN MOTOR DC SERI

MUTIAR, ST.,MT

*Dosen Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik
Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang
Email: Mutiar.tiar@gmail.com*

ABSTRAK

Pengaturan kecepatan putaran motor arus searah seri dengan torsi 0 Nm dan 0,15 Nm dengan menggunakan penyearah gelombang penuh terkenali penuh pada satu dapat dilakukan dengan merubah sudut penyalaan tiristor / (α) dari 0° sampai dengan 180° , begitu juga dengan tegangan jangkar dan arus jangkar. Dari hasil pengukuran untuk beban 0 Nm didapatkan putaran motor 2131 Rpm dengan sudut penyalaan 0° dan 0 Rpm untuk sudut penyalaan 180° . Dari hasil perhitungan untuk beban 0,5 Nm didapatkan putaran Motor 2175,2 Rpm dengan sudut penyalaan 0° dan 0 Rpm untuk sudut penyalaan 180° .

Kata kunci : *Motor DC seri, Thyristor, Kecepatan Putaran, Sudut Penyalaan*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyearah terkenali merupakan rangkaian yang dapat merubah tegangan bolak balik menjadi tegangan searah yang dapat diatur tegangan keluarannya. Penyearah ini terdiri dari penyearah setengah gelombang, gelombang penuh CT dan gelombang penuh jembatan yang menggunakan komponen tiristor. Pengaturan tegangannya dapat dilakukan dengan merubah sudut penyalaan tiristor dari 0° sampai dengan 180° . Bentuk terkendali penuh adalah keempat tiristor mendapat trigger dimana dua tiristor mendapat trigger siklus positif dan dua tiristor lagi mendapat trigger siklus negatif. Penyearah ini sering digunakan sebagai sumber motor DC untuk mengatur putarannya. Hal ini dikarenakan pengaturan tegangan masukan motor dengan penyearah ini akan mendapatkan putaran yang lebih halus rugi-rugi tegangan lebih kecil jika dibandingkan pengaturan dengan Autotransformator rugi tegangannya lebih besar. Karena pengaturan tegangan yang lebih halus, maka untuk pengaturan putaran motor DC akan menghasilkan putaran yang lebih halus juga. Pada penelitian ini menggunakan motor DC seri penguat sendiri dimana sumber penguat medan menyatu dengan sumber penguat jangkar.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalaan dari penyearah gelombang penuh terkenali penuh terhadap putaran motor DC seri dengan Torsi 0 Nm.
2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalaan dari penyearah gelombang penuh terkenali penuh terhadap putaran motor DC seri dengan Torsi 0,15 Nm.

1.3. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai:

1. Dapat mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalaan dari penyearah gelombang penuh terkenali penuh terhadap putaran motor DC seri dengan Torsi 0 Nm.

2. Dapat mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalan dari penyearah gelombang penuh terkenal penuh terhadap putaran motor DC seri dengan Torsi 0,15 Nm.

1.4 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalan dari penyearah gelombang penuh terkenal penuh terhadap putaran motor DC seri dengan Torsi 0 Nm.
2. Bagaimana pengaruh dari mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalan dari penyearah gelombang penuh terkenal penuh terhadap putaran motor DC seri dengan Torsi 0,15 Nm.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor DC¹

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. ¹Sebuah motor listrik berfungsi untuk mengubah daya listrik menjadi daya mekanik. Pada prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Kenyataannya mesin yang bekerja sebagai generator arus searah akan dapat bekerja sebagai motor arus searah. Oleh sebab itu, sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah.

Berdasarkan fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam dan bagian yang berputar. Pada bagian yang diam (stator) merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan pada bagian yang berputar (rotor) ditempati oleh rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat.

²Keuntungan pemakaian motor DC terletak didalam berbagai karakteristik penampilan yang diberikan oleh banyaknya kemungkinan dari peneralan shunt, seri dan Kompon. Masih banyak lagi kemungkinan yang ada jika ditambahkan lagi seperangkat sikat sehingga diperoleh tegangan lain dari komutator. Jadi keluasan dari pemakaian dari system mesin DC dan mudahnya dipasangkan sistem pengaturannya, baik secara manual maupun otomatis. Besarnya torsi beban dapat dituliskan dengan:

$$T = \dots \Phi \cdot I \dots \dots \dots (2.1)$$

2.2 GGL Lawan Pada Motor Arus Searah²

Ketika jangkar motor berputar konduktornya juga berputar dan memotong fluksi utama. Sesuai dengan hukum faraday, akibat gerakan konduktor di dalam suatu medan magnetik maka pada konduktor tersebut akan timbul GGL induksi yang diinduksikan pada konduktor tersebut dimana arahnya berlawanan dengan tegangan yang diberikan pada motor. Karena arahnya melawan, maka hal tersebut disebut GGL lawan.

Besarnya tegangan yang diinduksikan tersebut sesuai dengan persamaan berikut :

$$E_b = \frac{P \cdot Z}{a \cdot 60} n \cdot \Phi \dots \dots \dots (2.2)$$

Persamaan tegangan secara umum dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_b = K \cdot n \cdot \Phi \dots \dots \dots (2.3)$$

2.3 Motor Arus Searah Penguatan Sendiri Shunt³

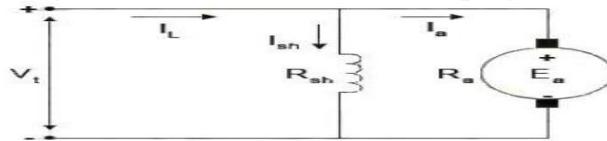
Pada motor yang dipteral shunt dan motor yang dipteral secara terpisah fluks medan hampir tetap besarnya. Akibatnya, penambahan momen kakas harus disertai dengan penambahan arus armatur yang sangat hamper sebanding besarnya dan karenanya dengan

¹ Yon Rijono, Dasar Tenaga Listrik, (Yogyakarta ; 1997) hlm :163

² Fitzgerald, A.E. and Team, "Mesin-mesin listrik", (Jakarta, Erlangga, 1997) hlm : 221

³ Fitzgerald, A.E. and Team, op.cit., halaman : 220

sedikit penurunan pada tgl lawan agar penambahan arus tersebut dapat melalui tahanan armature yang kecil. Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan shunt



Gambar 2.1 Motor Arus Searah Shunt

Persamaan umum motor arus searah penguatan shunt

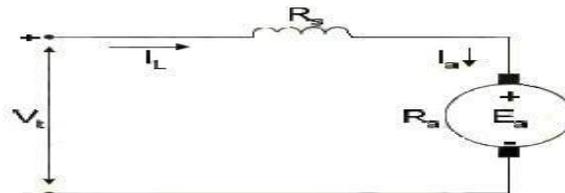
$$V_t = E_a + I_a R_a \dots\dots\dots (2.4)$$

$$V_{sh} = V_t = I_{sh} \cdot R_{sh} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.4 Motor Arus Searah Penguatan Sendiri Seri⁴

Pada motor DC, penambahan beban akan disertai dengan penambahan arus armature dan fluks medan stator (asal besinya tidak jenuh sama sekali). Karena fluks bertambah besar menurut beban, maka kecepatannya harus berkurang untuk menjaga kesetimbangan antara tegangan yang diberikan dan tegangan lawan; selanjutnya, penambahan arus armature yang disebabkan oleh penambahan momen- kaskas lebih kecil dari pada yang terdapat pada motor shunt karena penambahan fluks. Karenanya motor seri merupakan suatu motor dengan kecepatan berubah-ubah yang ditandai dengan suatu karakteristik kecepatan beban yang melengkung ke bawah.



Gambar 2.2 Motor Arus Searah Seri

$$V_a = E_a + I_a (R_a + R_s) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$I_a = \left[\frac{V_t - E_a}{R_a + R_s} \right] \dots\dots\dots (2.8)$$

$$I_a = I_L = I_f \dots\dots\dots (2.9)$$

2.5 Thyristor⁵

Thyristor berasal dari bahasa Romawi dan memiliki arti “ pintu ” karena sifat dari komponen ini yang mirip dengan pintu yang dapat dibuka dan ditutup untuk melewatkan arus listrik. *Thyristor* dikembangkan oleh *Belt Laboratories* tahun 1950-an dan mulai dan mulai digunakan secara komersial oleh General Electric tahun 1960-an. *Thyristor* atau SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) termasuk dalam komponen elektronik yang banyak dipakai dalam aplikasi listrik industri, salah satu alasannya adalah memiliki kemampuan untuk bekerja dalam tegangan dan arus yang besar. *Thyristor* memiliki tiga kaki, yaitu Anoda, Katoda, dan Gate. Juga dikenal ada dua jenis *Thyristor* dengan P-gate dan N-gate gambar

Fungsi Gate pada Thyristor menyerupai basis pada transistor, dengan mengatur arus gate I_a yang besarnya antara 1 mA sampai terbesar 100 mA , maka tegangan keluaran dari anoda bisa diatur, tegangan yang mampu diatur mulai dari 50 Volt.

⁴ Fitzgerald, A.E.and Team, op.cit, halaman :220

⁵ Siwoyo, “Teknik Listrik Industri Jilid 3”, (Jakarta,Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah , Departemen Pendidikan Nasional, 2008) halaman :14

2.6 Penyearah Terkendali

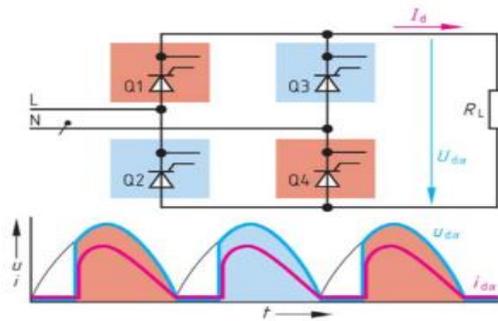
Penyearah thyristor fasa terkendali merupakan penyearah yang sederhana dan lebih murah dan penyearah ini secara umum berada diatas 95 %. Karena penyearah-penyearah ini mengkonversi dari tegangan AC ke DC, penyearah inidikenal sebagai konverter AC-DC dan digunakan secara intensif pada aplikasi-aplikasi industri.

Konverter dengan fasa terkendali dapat diklasifikasikan pada dua tipe, tergantung pada suplai masukan :

1. Konverter satu fasa
2. Konverter tiga fasa

2.7 Penyearah Terkendali Gelombang Penuh Terkenali Penuh Satu Fasa⁵

Penyearah terkendali penuh satu fasa dengan empat buah *thyristor* Q1, Q2, Q3 dan Q4 dalam hubungan jembatan gambar 3.4. Pasangan *thyristor* adalah Q1-Q4 dan Q2-Q3, masing-masing diberikan pulsa penyulut pada sudut α untuk siklus positif dan siklus negative tegangan sumber. Dengan beban resistif R_L pada sudut penyalaan α maka thyristor Q1 dan Q4 akan konduksi bersamaan dan pada tahap berikutnya menyusul *Thyristor* Q2 dan Q3 konduksi. Pada beban resistif R_L bentuk tegangan searah antara tegangan dan arus se-fasa.



Gambar 2.3 Rangkaian Penyearah Terkendali Gelombang Penuh Satu Fas

3. METODOLOGI PENELITIAN

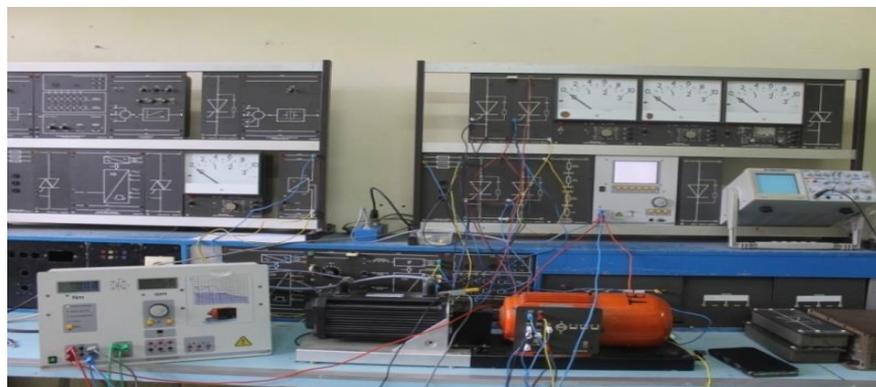
Dalam penulisan laporan akhir, penulis menggunakan metode-metode sebagai berikut :

1. Metode Literatur

Pada metode ini mengambil dan mengumpulkan teori-teori dasar serta teori pendukung dari berbagai sumber, terutama mengambil data dari buku-buku referensi dan situs-situs di internet tentang apa yang menunjang dalam penelitian ini.

2. Metode Observasi

Melakukan praktikum di Laboraturium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya, adapun gambar praktikum yang dilakukan seperti terlihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 praktikum pengambilan data.

4.HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran dilaboratorium Teknik Listrik didapatkan data seperti terlihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran tegangan jangkar, arus jangkar dan putaran dengan perubahan sudut penyalan tiristor pada motor DC seri dengan torsi 0 Nm

Sudut penyalan (α) Thyristor	Torsi (Nm)	Tegangan jangkar motor (V_a)	Arus jangkar motor (I_a)	Putaran (RPM)
0°	0	116 V	1,23 A	2131 RPM
15°	0	114 V	1,22 A	2079 RPM
30°	0	112 V	1,20 A	1930 RPM
45°	0	111 V	1,18 A	1788 RPM
60°	0	110 V	1,17 A	1698 RPM
75°	0	108 V	1,15 A	1478 RPM
90°	0	107 V	1,13 A	1196 RPM
105°	0	106 V	1,10 A	981 RPM
120°	0	101 V	1,08 A	703 RPM
135°	0	92 V	1,06 A	234 RPM
150°	0	80 V	0,84 A	0 RPM
165°	0	58 V	0,47 A	0 RPM
180°	0	38 V	0,23 A	0 RPM

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran tegangan jangkar, arus jangkar dan putaran dengan perubahan sudut penyalan tiristor pada motor DC seri dengan torsi 0,15 Nm

Sudut penyalan (α) Thyristor	Torsi (Nm)	Tegangan jangkar motor (V_a)	Arus jangkar motor (I_a)	Putaran (RPM)
0°	0,15	114 V	1,27A	1921 RPM
15°	0,15	113 V	1,26 A	1862 RPM
30°	0,15	110 V	1,25 A	1733 RPM
45°	0,15	108 V	1,23A	1520 RPM
60°	0,15	107 V	1,21 A	1449 RPM
75°	0,15	105 V	1,20 A	1283 RPM
90°	0,15	104 V	1,19A	948 RPM
105°	0,15	103 V	1,17A	743 RPM
120°	0,15	102 V	1,16 A	478 RPM
135°	0,15	98 V	1,14 A	102 RPM
150°	0,15	83 V	0,88 A	0 RPM
165°	0,15	60 V	0,53 A	0 RPM
180°	0,15	38 V	0,25 A	0 RPM

4.2 Pembahasan

Setelah mendapatkan parameter-parameter yang diperlukan kemudian dapat dilakukan sebagian dari perhitungan kecepatan putaran motor DC seri dari pengujian yang dilakukan. Diketahui data-data motor arus searah adalah sebagai berikut :

$$E_a = 110 \text{ Volt}$$

$$n_{\max} = 2300 \text{ Rpm}$$

$R_a = 4,6 \text{ ohm}$ (Berdasarkan pengukuran langsung)
 $R_s = 4,8 \text{ ohm}$ (Berdasarkan pengukuran langsung)

$E_a = k \Phi n$

$$k \Phi = \frac{E_a}{n} \\ = \frac{110}{2300} = 0,048 \text{ V-rad/A-detik}$$

Menghitung kecepatan putaran motor DC :

Torsi = 0^0 Nm

Sudut Penyalaan (α) = 0^0

$$n = \frac{E_a}{K\Phi} \\ n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\ = \frac{116 - 1,23 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\ = \frac{104,408}{0,048} \\ = 2175,2 \text{ RPM}$$

Sudut Penyalaan (α) = 15^0

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\ = \frac{114 - 1,22 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\ = \frac{102,532}{0,048} \\ = 2136,1 \text{ RPM}$$

Sudut Penyalaan (α) = 30^0

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\ = \frac{112 - 1,20 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\ = \frac{100,72}{0,048} \\ = 2098,3 \text{ RPM}$$

Sudut Penyalaan (α) = 45^0

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\ = \frac{111 - 1,18 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\ = \frac{99,908}{0,048} \\ = 2081,4 \text{ RPM}$$

Sudut Penyalaan (α) = 60^0

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\ = \frac{110 - 1,17 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\ = \frac{99,002}{0,048} \\ = 2062,5 \text{ RPM}$$

Sudut Penyalaan (α) = 75^0

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\ = \frac{108 - 1,15 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\ = \frac{97,19}{0,048} \\ = 2024,8 \text{ RPM}$$

Sudut Penyalaan (α) = 90^0

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\
 &= \frac{107 - 1,13 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\
 &= \frac{96,378}{0,048} \\
 &= 2007,8 \text{RPM}
 \end{aligned}$$

Sudut Penyalaan (α) = 105°

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\
 &= \frac{106 - 1,10 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\
 &= \frac{95,66}{0,048} \\
 &= 1992,9 \text{ RPM}
 \end{aligned}$$

Sudut Penyalaan (α) = 120°

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\
 &= \frac{101 - 1,08 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\
 &= \frac{90,848}{0,048} \\
 &= 1892,6 \text{ RPM}
 \end{aligned}$$

Sudut Penyalaan (α) = 135°

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\
 &= \frac{92 - 1,06 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\
 &= \frac{82,036}{0,048} \\
 &= 1709,1 \text{ RPM}
 \end{aligned}$$

Sudut Penyalaan (α) = 150°

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\
 &= \frac{80 - 0,84 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\
 &= \frac{72,386}{0,048} \\
 &= 1508,1 \text{ RPM}
 \end{aligned}$$

Sudut Penyalaan (α) = 165°

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\
 &= \frac{58 - 0,47 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\
 &= \frac{53,582}{0,048} \\
 &= 1116,3 \text{RPM}
 \end{aligned}$$

Sudut Penyalaan (α) = 180°

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\frac{K\Phi}{0,048}} \\
 &= \frac{38 - 0,23 (4,6 + 4,8)}{0,048} \\
 &= \frac{35,838}{0,048} \\
 &= 746,6 \text{ RPM}
 \end{aligned}$$

Data pengukuran yang dilihat adalah tegangan jangkar (V_a), arus jangkar (I_a) dan putaran motor DC penguat sendiri seri, dimana motor DC dibebani dengan beban torsi = 0 Nm, dan 0,15 Nm, Dari hasil pengujian diatas maka diketahui pengaruh dari sudut penyalaan (α) berbanding terbalik terhadap kecepatan putaran motor DC penguat seri yaitu semakin besar sudut penyalaan (α) thyristor yang diatur maka akan berpengaruh terhadap kecepatan putaran motor DC penguat sendiri seri yang semakin menurun. Untuk pengaruh tegangan jangkar terhadap kecepatan

putaran motor DC penguat seri berbanding lurus yaitu apabila tegangan jangkar pada sebuah motor DC semakin besar maka kecepatan putaran dari motor DC penguat sendiri seri akan meningkat. Begitu juga dengan pengaruh arus jangkar terhadap kecepatan putaran motor yaitu berbanding lurus yaitu semakin besar arus jangkar (I_a) maka kecepatan putaran dari motor DC akan meningkat.

Dari hasil pengukuran telah didapat perubahan putaran dengan perubahan sudut penyalaan tiristor dan dari hasil perhitungan terlihat juga perubahan putaran dengan perubahan sudut penyalaan tiristor. Hasil pengukuran untuk sudut penyalaan (α) = 0^0 dengan Torsi = 0 Nm didapat nilai kecepatan putaran sebesar 2.131 Rpm dan hasil perhitungan didapat nilai kecepatan putaran sebesar 2175,2.

5. PENUTUP

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan kecepatan putaran motor arus searah seri dengan torsi 0 Nm dan 0,15 Nm dengan menggunakan penyearah gelombang penuh terkenal penuh pada satu dapat dilakukan dengan merubah sudut penyalaan tiristor / (α) dari 0^0 sampai dengan 180^0 , begitu juga dengan tegangan jangkar dan arus jangkar.
2. Dari hasil pengukuran untuk beban 0 Nm didapatkan putaran motor 2131 Rpm dengan sudut penyalaan 0^0 dan 0 Rpm untuk sudut penyalaan 180^0 .
3. Dari hasil perhitungan untuk beban 0 Nm didapatkan putaran Motor 2175,2 Rpm dengan sudut penyalaan 0^0 dan 0 Rpm untuk sudut penyalaan 180^0 .

DAFTAR PUSTAKA

- Berahim, Hamzah, (1991) . *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Drs Daryanto, (2014). *konsep Dasar Teknik Elektronika Kelistrikan Edisi Kesatu Bandung* : Alfabeta.
- Fitzgerald, A.E. and Team, (1997). *Mesin-mesin listrik*. Jakarta : Erlangga.
- Lister, Eugene C, (1993). *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Siwoyo, (2008). *Teknik Listrik Industri Jilid 3*. (Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah , Departemen Pendidikan Nasional.
- Yon Rijono, (1997). *Dasar Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Andi Offset.