

PERUBAHAN SUDUT PENYALAAAN TIRISTOR PADA PENYEARAH JEMBATAN TERSULUT PENUH TERHADAP TEGANGAN DAN PUTARAN MOTOR DC

Mutiar¹⁾, Marliyus Sunarhati²⁾, Surya Dharma³⁾, Sutan Marsus⁴⁾

Dosen Tetap Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya^{1,4)}

Dosen Tetap Teknik Elektro Universitas Palembang^{2, 3)}

e-mail: Mutiar.tiar@gmail.com

e-mail: marliyussunarhati@gmail.com

ABSTRAK

Dengan berkembangnya teknologi dewasa ini motor DC banyak digunakan di setiap bidang terutama bidang yang membutuhkan tenaga mekanik seperti menggerakkan barang. Pergerakan barang dapat berupa maju dan mundur, keatas dan kebawah dan lain-lain. Untuk melakukan ini motor DC perlu kendalikan oleh peralatan tambahan seperti pengendalian putaran. Pengendalian putaran ini dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan penyearah seperti penyearah jembatan terkendali penuh. Penyearah ini dikendalikan oleh rangkaian penyalaaan tiristor yang mengatur sudut penyalaaan, sehingga tegangan keluaran penyearah akan dapat diatur. Perubahan tegangan dari peyearah jembatan akan mempengaruhi tegangan masukan pada motor DC, jika motor tersebut dihubungkan dengan penyearah. Dari perubahan sudut penyalaaan tiristor pada penyearah jembatan tersulut penuh yang dapat merubah tegangan dan putaran Motor DC ini, maka didapatkan dari hasil penelitian ini adalah dengan merubah sudut penyalaaan tiristor (α) dari 0^0 sampai dengan 180^0 , didapatkan untuk motor tanpa beban didapatkan putaran motor 2132 Rpm dan tegangan jangkar 115 Volt dengan sudut penyalaaan 0^0 , 0 Rpm dan 77 Volt untuk sudut penyalaaan 150^0 . Begitu juga dengan motor berbeban 0,5 Nm didapatkan putaran Motor 1920 Rpm dan tegangan jangkar 115 Volt dengan sudut penyalaaan 0^0 , serta 0 Rpm dan tegangan jangkar 82 Volt untuk sudut penyalaaan 150^0 .

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

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyearah (converter) jembatan terkendali adalah salah satu rangkaian yang dapat merubah tegangan bolak balik menjadi tegangan searah yang dapat diatur tegangan keluarannya. Penyearah ini menggunakan empat buah komponen semikonduktor yaitu tiristor yang merupakan konponen yang berdaya besar. Penyearah ini akan menyearah kan tegangan bolak balik menjadi tegangan searah pada dua siklus yaitu siklus antara 0 sampai dengan 180^0 dan siklus kedua antara 180^0 sampai dengan 360^0 yang dapat dilakukan dengan rangkaian penyulutan. Perubahan sudut siklus ini merupakan perubahan sudut penyalaaan tiristor yang dapat merubah tegangan keluaran penyearah. Penyearah yang digunakan adalah penyearah jembatan dengan empat buah tiristor, dimana dua tiristor akan tersulut pada siklus positif dan dua tiristor yang lain tersulut pada siklus negatif. Dari penyulutan kedua siklus ini dihasilkan bentuk keluaran penyearah gelombang penuh yang terpotong dan tegangan keluarannya berubah ubah sesuai dengan besarnya sudut penyalaaan. Perubahan tegangan penyearah ini dapat digunakan untuk merubah kecepatan putaran motor DC, karena salah satu parameter yang dapat merubah kecepatan putaran mtor DC adalah dengan perubahan tegangan masukannya. Pengaturan tegangan masukan motor dengan penyearah ini akan mendapatkan putaran yang lebih halus rugi-rugi tegangan lebih kecil jika dibandingkan pengaturan tegangan dengan Autotransformator yang menghasilkan rugi tegangannya lebih

besar. Kerena pengaturan tegangan yang lebih halus, maka untuk pengaturan putaran motor DC akan menghasilkan putaran yang lebih halus juga.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalan dari 0^0 sampai dengan 180^0 pada penyearah jembatan tersulut penuh terhadap tegangan keluarannya.
2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalan dari 0^0 sampai dengan 180^0 pada penyearah jembatan tersulut penuh terhadap putaran motor DC tanpa beban dan berbeban.

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai:

1. Dapat mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalan dari 0^0 sampai dengan 180^0 pada penyearah jembatan tersulut penuh terhadap tegangan keluarannya.
2. Dapat mengetahui pengaruh perubahan sudut penyalan dari 0^0 sampai dengan 180^0 pada penyearah jembatan tersulut penuh terhadap putaran motor DC tanpa beban dan berbeban.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

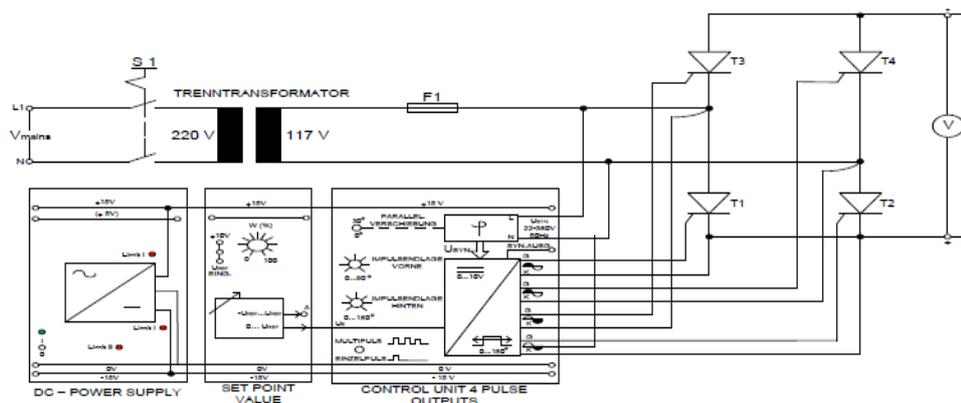
Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perubahan sudut penyalan dari 0^0 sampai dengan 180^0 pada penyearah jembatan tersulut penuh terhadap tegangan keluarannya.
3. Bagaimana pengaruh perubahan sudut penyalan dari 0^0 sampai dengan 180^0 pada penyearah jembatan tersulut penuh terhadap putaran motor DC tanpa beban dan berbeban.

2. METODOLOGI PENELITIAN

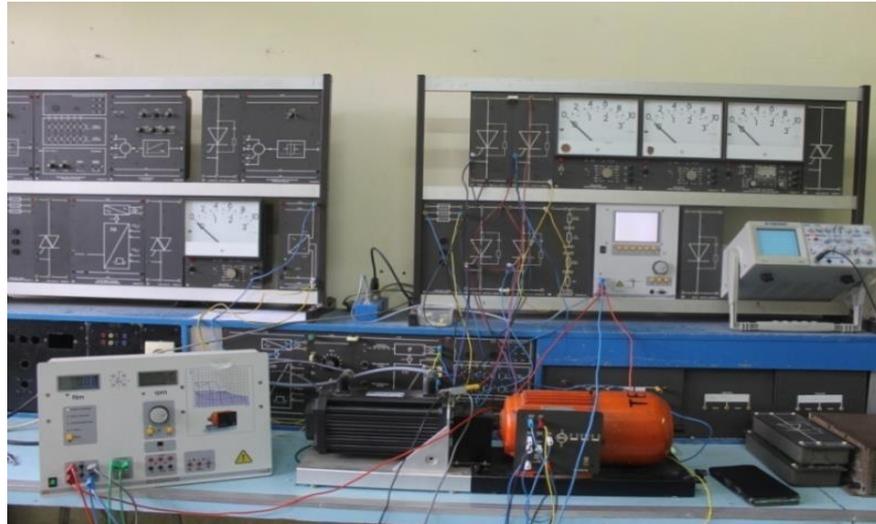
Teknik pengumpulan dan analisis data dilakukan sebagai berikut:

- a. Studi Literatur adalah Pada metode ini mengambil dan mengumpulkan teori-teori dasar serta teori pendukung dari berbagai sumber, terutama mengambil data dari buku-buku referensi.
- b. Observasi adalah metode penelitian pengumpulan data dengan cara pengamatan langsung melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah merakit rangkaian penyearah jembatan dengan empat buah tiristor (Th1, Th2, Th3 dan Th4), Transformator 220/110, Rangkaian kontrol 4 penyulutan yang dilengkapi catu daya DC terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Penyearah jembatan gelombang penuh dengan kontrol 4 penyulutan.

Transformator isolasi digunakan untuk menurunkan tegangan dari 220 V menjadi 117 V sebagai tegangan masukan penyearah jembatan yang akan disearahkan oleh empat buah tiristor merek BT141. Rangkaian kontrol empat penyulutan terdiri dari dua penyulutan siklus positif (0° sampai dengan 180°) dan dua penyulutan siklus negatif (0° sampai dengan 180°) dan catu daya +15V dan -15V sebagai sumber dari rangkaian kontrol empat penyulutan. Bentuk penggabungan gambar 1 dan 2 terlihat pada gambar 3 yang digunakan sebagai pengukuran untuk pengambilan data penelitian, data pengukuran berupa tegangan dan arus jangkar motor serta putaran motor dengan perubahan sudut penyalan thiristor.



Gambar 2. Peralatan dan rangkaian pengambilan data.

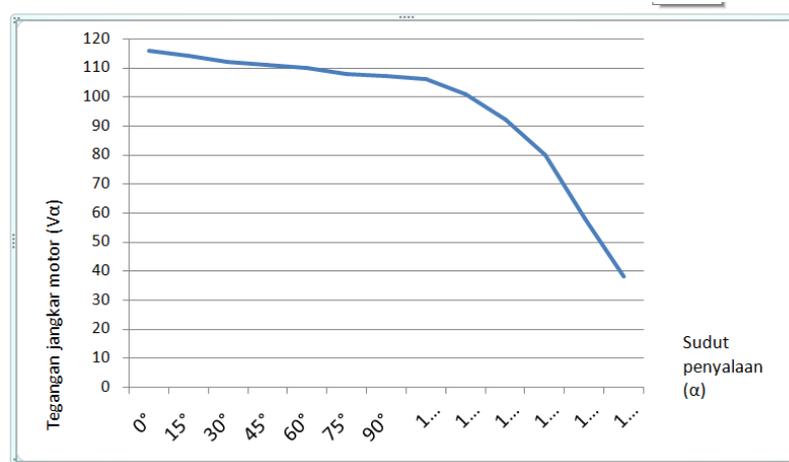
3. HASIL dan PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini didapatkan dari pengujian motor DC dikendalikan oleh penyearah jembatan tersulut penuh di laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya. Hasil yang didapatkan adalah tegangan jangkar, arus jangkar dan putaran motor DC dari perubahan sudut penyalan tiristor. Adapun data yang didapatkan dari hasil pengukuran terlihat pada Table 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Pengukuran tegangan, arus dan putaran motor DC tanpa beban terhadap perubahan sudut penyalan tiristor

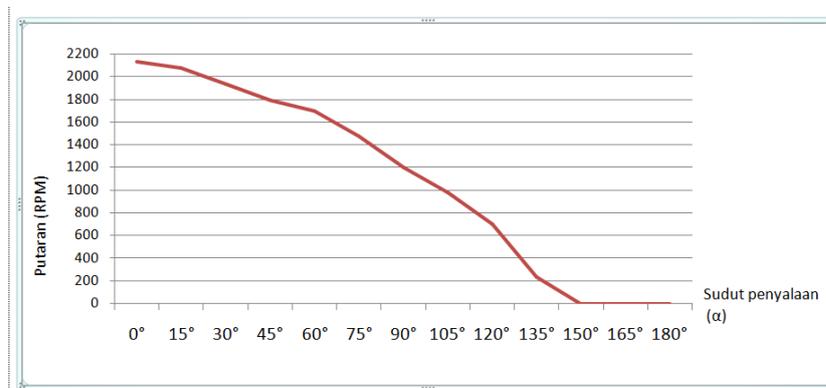
Sudut penyalan (α) Thyristor	Tegangan jangkar motor (V_a)	Arus jangkar motor (I_a)	Putaran (RPM)
0°	115 V	1,22 A	2132 RPM
15°	113V	1,21 A	2077 RPM
30°	111 V	1,20 A	1928 RPM
45°	110 V	1,17 A	1786 RPM
60°	117 V	1,16 A	1696 RPM
75°	105 V	1,15 A	1475 RPM
90°	101 V	1,14 A	1194 RPM
105°	98 V	1,10 A	980 RPM
120°	94 V	1,07 A	702 RPM
135°	88 V	1,05 A	230 RPM
150°	77 V	0,83 A	0 RPM
165°	55 V	0,46 A	0 RPM

180°	35 V	0,24 A	0 RPM
------	------	--------	-------



Gambar 3. Grafik hubungan antara tegangan jangkar (V_a) dengan Sudut Penyalaaan (α) untuk motor tanpa beban.

Pada gambar 3 merupakan grafik hubungan antara tegangan jangkar dengan sudut penyalaaan tiristor pada saat motor tanpa beban, terlihat bahwa semakin besar nilai sudut penyalaaan, maka tegangan jangkar semakin kecil. Perubahan tegangan jangkar ini terjadi pada perubahan tegangan penyearah jembatan terkendali dengan menggunakan tiristor. Apabila tiristor disulut dengan sudut penyalaaan yang besar maka, tegangan keluarannya akan mengecil. Dari persamaan penyearah jembatan tersulut penuh dimana $\cos \phi$, berbanding terbalik dengan tegangan DC.

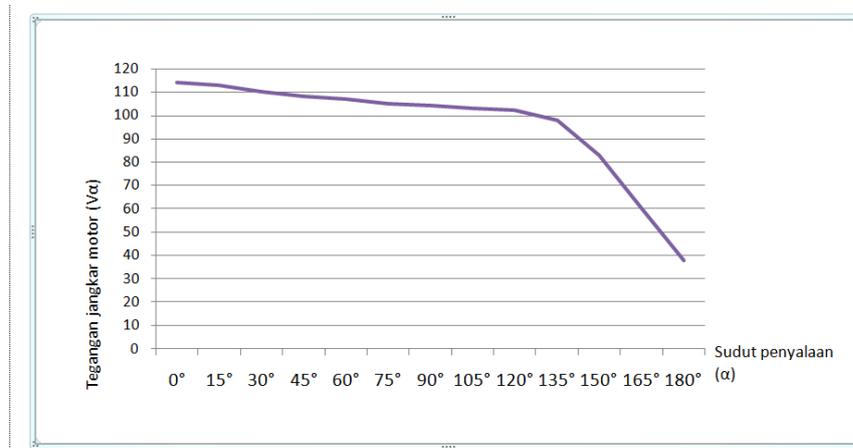


Gambar 4. Grafik hubungan Antara Putaran dengan Sudut Penyalaaan (α) Untuk Motor Tanpa Beban.

Pada gambar 4, merupakan grafik hubungan antara putaran motor terhadap sudut penyalaaan tiristor dimana semakin besar sudut penyalaaan tiristor, maka putaran motor akan mengecil. Ketika sudut penyalaaan 153° putaran motor sudah berhenti yang berarti tegangan DC yang terhubung ke motor kecil, hal ini jelas bahwa sudut penyalaaan tiristor berbanding terbalik terhadap kecepatan putaran motor DC yaitu semakin besar sudut penyalaaan tiristor yang diatur maka akan berpengaruh terhadap kecepatan putaran motor DC yang semakin menurun.

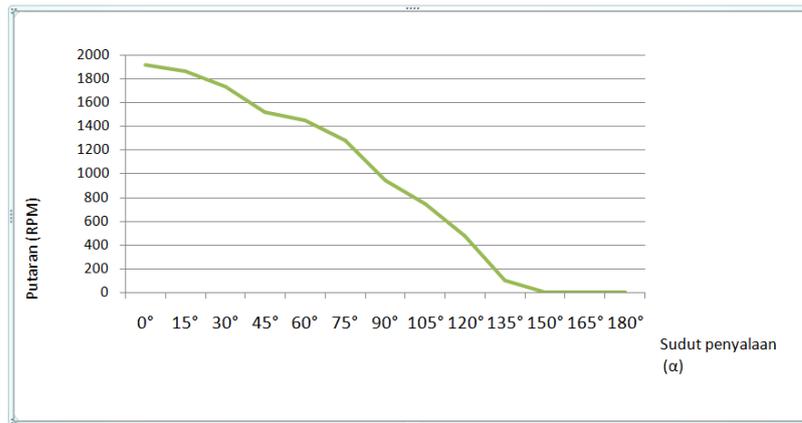
Tabel 2. Hasil Pengukuran tegangan, arus dan putaran motor DC beban 0,15 Nm terhadap perubahan sudut penyalaan tiristor

Sudut penyalaan (α) Thyristor	Tegangan jangkar motor (V_a)	Arus jangkar motor (I_a)	Putaran (RPM)
0°	115 V	1,28A	1920 RPM
15°	114 V	1,27 A	1861 RPM
30°	111 V	1,26 A	1732 RPM
45°	108 V	1,24 A	1519 RPM
60°	106 V	1,23 A	1448 RPM
75°	104 V	1,21 A	1282 RPM
90°	103 V	1,20 A	946 RPM
105°	102 V	1,18 A	741 RPM
120°	100 V	1,17 A	477 RPM
135°	97 V	1,13A	104 RPM
150°	82 V	0,86 A	0 RPM
165°	58 V	0,51A	0 RPM
180°	37 V	0,24 A	0 RPM



Gambar 5. Grafik hubungan Antara Tegangan Jangkar dengan Sudut Penyalaan (α) Untuk Motor Berbeban 0,15 Nm.

Untuk pengaruh tegangan jangkar terhadap kecepatan putaran motor DC berbanding lurus yaitu apabila tegangan jangkar pada sebuah motor DC semakin besar maka kecepatan putaran dari motor DC 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 Gambar 5, grafik hubungan tegangan jangkar dengan sudut penyalaan pada motor berbeban, terlihat bahwa tegangan jangkar menurun secara perlahan yaitu dari sudut 0° sampai 150° dan setelah diatas sudut 150° tegangan jangkar turun drastis.



Gambar 6. Grafik hubungan antara Putaran dengan Sudut Penyalaaan (α) Untuk Motor Berbeban 0,15 Nm

Dari Gambar 6, merupakan grafik hubungan antara kecepatan motor berbeban dengan sudut penyalaaan tiristor, dimana terlihat bahwa pada saat motor dibebani putaran motor turun setelah sudut penyalaaan tiristor naik. Putaran motor berhenti pada sudut penyalaaan mencapai 140° , hal ini disebabkan kopel motor besar sedangkan tegangan yang disuplai kecil sehingga motor berat untuk berputar.

Kecepatan motor DC tanpa beban dan berbeban dapat dilakukan secara teoritis dengan menghitung kecepatan motor DC dari perubahan sudut penyalaaan tiristor. Mengacu data pengukuran Tabel 1 dan 2 serta 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 tanpa beban :
Sudut Penyalaaan (α) = 0°

$$n = \frac{E_a}{k\Phi}$$

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{k\Phi}$$

$$= \frac{115 - 1,22 (4,6 + 4,8)}{0,048}$$

$$= \frac{103,53}{0,048}$$

$$= 2156,9 \text{ RPM}$$

Sudut Penyalaaan (α) = 15°

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{k\Phi}$$

$$= \frac{114 - 1,21 (4,6 + 4,8)}{0,048}$$

$$= \frac{102,63}{0,048}$$

$$= 2138,0 \text{ RPM}$$

Menghitung kecepatan putaran motor DC beban :

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{K\Phi}$$

$$= \frac{115 - 1,28 (4,6 + 4,8)}{0,048}$$

$$= \frac{102,97}{0,048}$$

$$= 2145,2 \text{ RPM}$$

Sudut Penyalaan (α) = 15^0

$$n = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{K\Phi}$$

$$= \frac{114 - 1,27 (4,6 + 4,8)}{0,048}$$

$$= \frac{102,06}{0,048}$$

$$= 2126,3 \text{ RPM}$$

Perhitungan putaran motor DC untuk sudut penyalaan tiristor yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama dan tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Perhitungan Putaran Motor Tanpa Beban dan Berbeban 0,15 Nm Terhadap Perubahan Sudut Penyalaan Tiristor

Sudut penyalaan (α) Thyristor	Putaran (RPM)	Sudut penyalaan (α) Thyristor	Putaran (RPM)
0	2156,9	0	2145,2
15	2138,0	15	2126,3
30	2077,1	30	2065,7
45	2062,7	45	2007,2
60	2010,3	60	1967,4
75	1962,3	75	1929,7
90	1880,0	90	1910,8
105	1826,3	105	1893,9
120	1748,9	120	1854,2
135	1627,7	135	1799,6
150	1441,6	150	1540,0
165	1055,8	165	1108,5
180	682,2	180	724,4

Perubahan sudut penyalaan tiristor pada penyearah jembatan tersulut penuh terlihat di tabel hasil perhitungan pada motor DC tanpa beban dan berbeban 0,15 Nm. Didapatkan nilai putaran motor DC terjadi perubahan, dimana semakin besar sudut penyalaan tiristor , maka nilai putaran motor DC akan semakin turun. Perubahan putaran ini dikarenakan juga tegangan jangkar pada motor DC turun.

4. PENUTUP

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. Perubahan sudut penyalaan dari 0^0 sampai dengan 180^0 pada penyearah jembatan tersulut penuh terhadap tegangan keluarannya dan putaran motor tanpa beban didapatkan putaran motor 2132 Rpm dan tegangan jangkar 115 Volt dengan sudut penyalaan 0^0 , 0 Rpm dan 77 Volt untuk sudut penyalaan 150^0 .

2. Perubahan sudut penyalaaan dari 0° sampai dengan 180° pada penyearah jembatan tersulut penuh terhadap tegangan keluarannya dan putaran motor beban 0,15 Nm didapatkan putaran motor 2132 Rpm dan tegangan jangkar 115 Volt dengan sudut penyalaaan 0° , 0 Rpm dan 77 Volt untuk sudut penyalaaan 150° .

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.