

## ANALISIS PENYEARAH JEMBATAN TERKONTROL PENUH SATU FASA DENGAN BEBAN INDUKTIF

Bagus Setiawan NIM : L2F096570

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

### ABSTRAK

*Kebutuhan akan sumber tegangan DC semakin meningkat, diantaranya untuk mensuplai beban DC seperti motor yang banyak digunakan pada pabrik – pabrik dan alat transportasi. Salah satu cara untuk mendapatkan tegangan DC yaitu dengan merubah tegangan AC menggunakan suatu penyearah. Rangkaian penyearah ini dapat disusun dari berbagai peralatan elektronika daya. salah satu jenis penyearah yang sering digunakan yaitu penyearah jembatan terkontrol penuh.*

*Namun demikian dalam penggunaannya perlu pertimbangan lebih jauh, karena pada umumnya penggunaan konverter sebagai penghasil tegangan searah menyebabkan terjadinya harmonisa pada sisi masukan Terjadinya harmonisa arus masukan selanjutnya menyebabkan terjadinya faktor kerja sistem tenaga listrik. Disamping itu kebutuhan akan listrik DC dengan arus dan tegangan pada sisi keluaran yang betul – betul rata merupakan hal yang pokok dala pemakaiannya.*

*Faktor – faktor yang perlu diperhatikan dalam analisa ini adalah sudut picu dari thyristor yang akan mempengaruhi tegangan keluaran dari penyearah. Oleh karena pada sudut penyalaan tertentu konverter tidak dapat lagi bekerja dengan baik disebabkan tegangan sumber sesaat tepat sama dengan besarnya tegangan searah pada sisi keluaran.*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan sumber tegangan DC semakin meningkat, diantaranya untuk mensuplai beban DC seperti motor yang banyak digunakan pada pabrik – pabrik dan alat transportasi. Salah satu cara untuk mendapatkan tegangan DC yaitu dengan merubah tegangan AC menggunakan suatu penyearah. Rangkaian penyearah ini dapat disusun dari berbagai peralatan elektronika daya. Pada Tugas Akhir ini penulis akan membahas salah satu jenis penyearah yang sering digunakan yaitu penyearah jembatan terkontrol penuh. Rangkaian penyearah ini menggunakan empat buah thyristor yang disusun anti paralel.

Namun demikian dalam penggunaannya perlu pertimbangan lebih jauh, karena pada umumnya penggunaan konverter sebagai penghasil tegangan searah menyebabkan terjadinya harmonisa pada sisi masukan Terjadinya harmonisa arus masukan selanjutnya menyebabkan terjadinya faktor kerja sistem tenaga listrik

### 1.2 Tujuan

1. Merencanakan dan merancang suatu simulator untuk menganalisa karakteristik penyearah jembatan terkontrol penuh dalam berbagai variasi kondisi (normal, hubung buka, dan hubung singkat) dari keempat SCR.
2. Menganalisa arus yang mengalir pada beban induktif dalam kondisi normal dan gangguan.

3. Menganalisa harmonisa arus dan tegangan yang terjadi pada rangkaian penyearah dalam berbagai kondisi masing – masing SCR yang menyusunnya.

### 1.3 Batasan Makalah

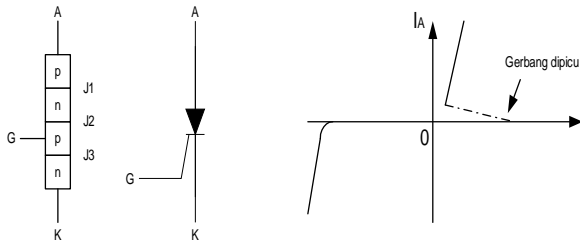
1. Penyearah yang digunakan adalah penyearah jembatan terkontrol penuh dengan berbagai variasi kondisi dari keempat SCR yang digunakan.
2. Beban yang digunakan adalah beban dominan induktif yang merupakan model dari motor DC (rangkaiannya tahanan dan induktansi yang dihubungkan seri).
3. Grafik yang dihasilkan dari simulasi ini adalah grafik bentuk gelombang tegangan keluaran dan arus beban.
4. Simulasi hasil perancangan penyearah menggunakan program bantu Matlab dan Pspice.

## II. PENYEARAH JEMBATAN TERKONTROL PENUH

### 2.1 Thyristor

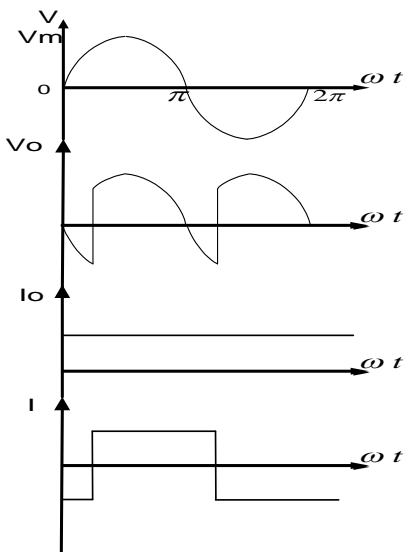
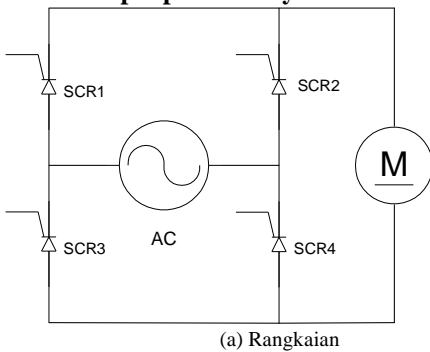
Sebuah thyristor mempunyai tiga terminal : sebuah anoda, sebuah katoda, dan sebuah gerbang. Ketika ada sedikit arus yang melalui terminal gerbang menuju katoda, thyristor akan terkonduksi, dengan syarat tegangan pada anoda lebih besar daripada katoda. Sekali thyristor dalam mode terkonduksi,

rangkaian gerbang tidak berpengaruh dan thyristor akan terus terkonduksi



Gambar 2.1 Thyristor dan karakteristiknya

**2.2 Prinsip Operasi Penyearah Terkontrol**



(b) Bentuk gelombang

Gambar 2.2 penyearah jembatan terkontrol penuh dengan beban motor

Untuk rangkaian ini,  $V_s$  adalah sumber tegangan sinusoidal. Ketika siklus positif SCR<sub>1</sub> dan SCR<sub>4</sub> dapat dipicu dan kemudian arus mengalir dari  $V_s$  melalui SCR<sub>1</sub>, beban, SCR<sub>4</sub> dan kembali ke sumber. Pada setengah siklus berikutnya, bagian lain SCR terkonduksi. Meskipun arah arus pada

setiap siklus adalah berbeda tetapi arah arus pada beban tetap searah.

**2.3 Beban**

**2.2.1 Resistansi**

Resistansi atau tahanan adalah suatu substansi yang berguna untuk menahan laju arus listrik. Satuan tahanan adalah ohm. Sebuah konduktor dikatakan mempunyai tahanan sebesar 1 ohm jika mengalirkan arus sebesar 1 ampere ketika diberikan tegangan sebesar 1 volt pada terminalnya.

**2.2.2 Induktansi**

Induktansi dapat didefinisikan sebagai elemen dalam rangkaian listrik yang menahan kenaikan atau penurunan aliran arus yang tiba – tiba pada rangkaian. Induktansi menyimpan energi dalam sebuah medan magnetik ketika terjadi kenaikan arus, dan mengeluarkannya ketika terjadi penurunan arus.

**2.2.3 Reaktansi**

Reaktansi induktif cenderung menunda perubahan dalam aliran arus. Jika frekuensi bertambah maka, pengaruh induktansi juga akan bertambah dan reaktansi induktif berbanding lurus dengan frekuensi. Reaktansi induktif  $X_L$  sama dengan  $2\pi$  kali frekuensi dikalikan induktansi L, dalam henry atau secara matematis dapat dituliskan:

$$X_L = 2\pi fL$$

**2.2.4 Impedansi**

Rangkaian yang terdiri dari resistansi R, dan reaktansi induktif  $X_L$ , akan mempengaruhi aliran arus. Pengaruh keseluruhan dari resistansi R dan reaktansi induktif  $X_L$  disebut impedansi, yang juga mempunyai satuan ohm. Impedansi Z adalah jumlah vektor dari resistansi dan reaktansi yang ada di dalam rangkaian.

Impedansi dari rangkaian yang terdiri dari resistansi dan induktansi dapat dituliskan sebagai :

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Pada rangkaian RL seri, dengan tegangan masukan AC, dimana tegangan masukan berbentuk gelombang sinus sebesar  $V \times \sin(\omega t)$ . Maka besarnya tegangan pada resistor adalah :

$$v_R = Ri = RI \times \sin(\omega t) \tag{2.4.1}$$

Dan tegangan antar terminal induktansi adalah :

$$v_L = L \frac{di}{dt} = \omega LI \times \sin(\omega t + \phi) \tag{2.4.2}$$

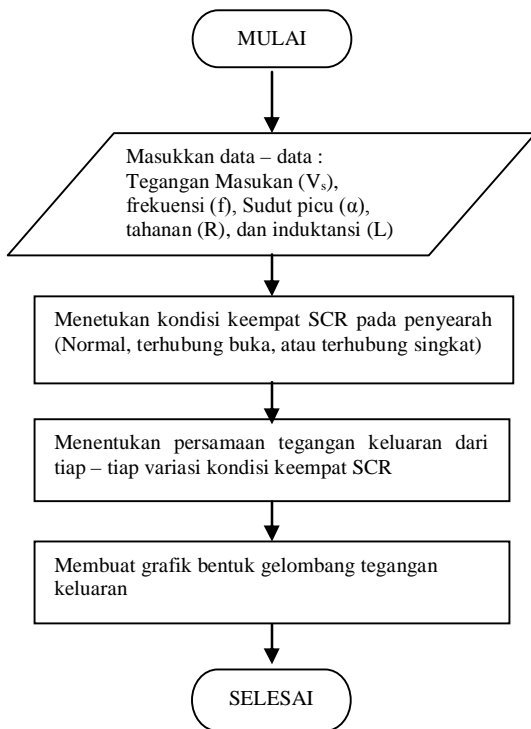
Dan tegangan pada rangkaian tersebut adalah :

$$V = I\sqrt{R^2 + (\omega L^2)} \quad (2.4.3)$$

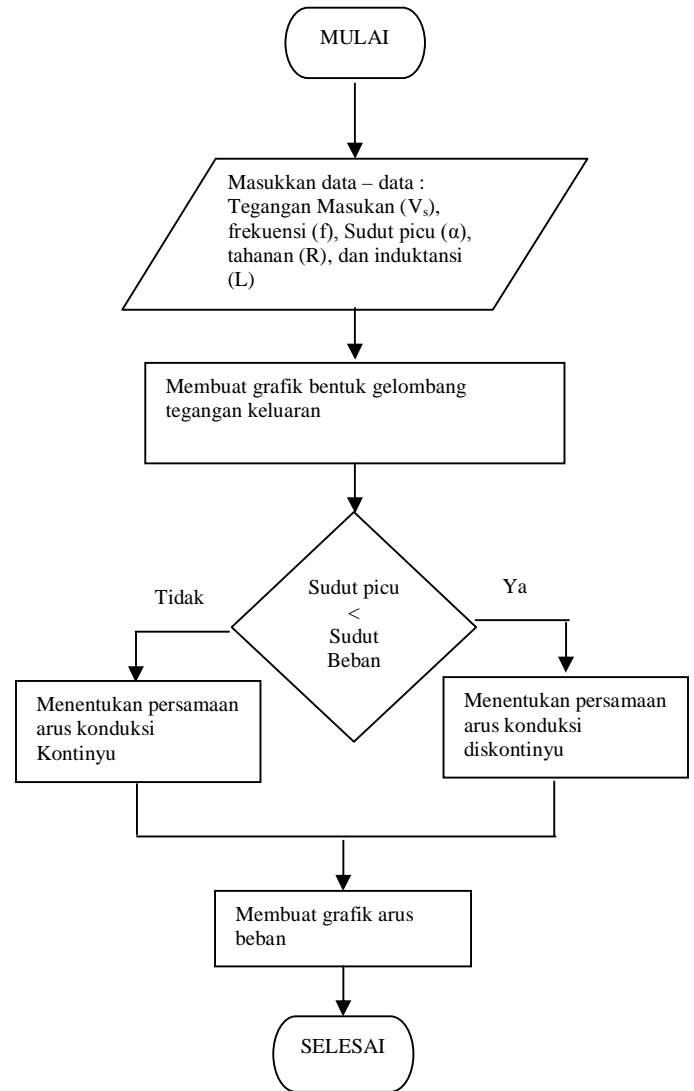
Pada rangkaian resistansi dan induktansi ini arus akan tertinggal dari tegangan sebesar  $\phi$ , dimana :

$$\phi = \alpha \tan\left(\frac{\omega L}{R}\right) \quad (2.4.4)$$

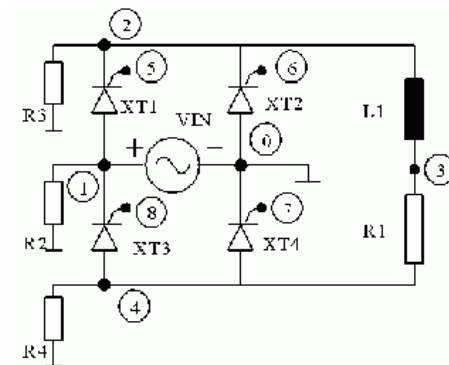
### III. SIMULASI PENYEARAH JEMBATAN TERKONTROL PENUH DENGAN BEBAN INDUKTIF



Gambar 3.1 Diagram alir simulasi tegangan keluaran penyearah jembatan terkontrol penuh



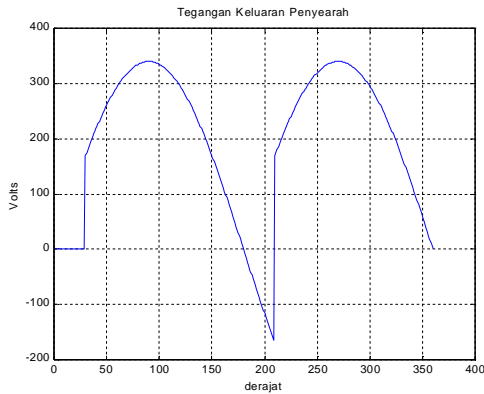
Gambar 3.2 Diagram alir simulasi arus beban penyearah jembatan terkontrol penuh



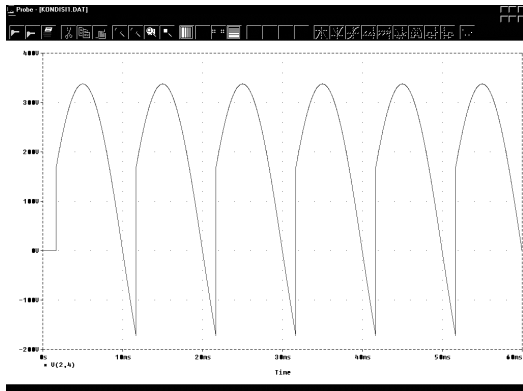
Gambar 3.3 rangkaian jembatan penuh terkontrol untuk pemrograman Pspice

#### IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

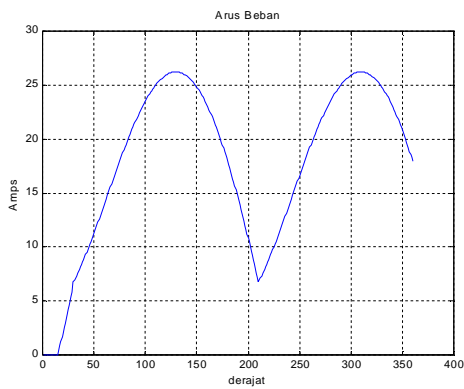
Kasus 1  
 Tegangan Masukan ( $V_s$ ) = 340 Volt  
 Frekuensi = 50 Hz  
 Sudut Picu =  $30^\circ$   
 Dengan Kondisi  $SCR_1$  normal,  $SCR_2$  normal,  
 $SCR_3$  normal,  $SCR_4$  normal (kondisi 1)



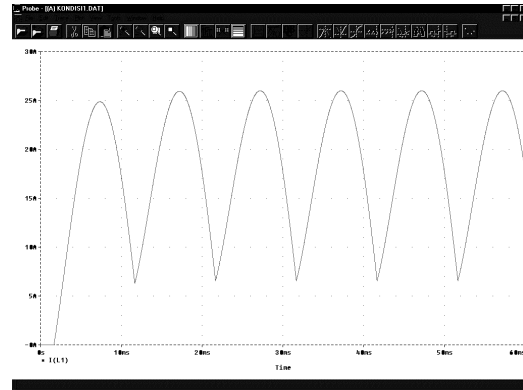
Gambar 4.1 Tegangan Keluaran kasus 1 dengan Matlab



Gambar 4.2 Tegangan Keluaran Kasus 1 dengan Pspice



Gambar 4.3 Arus Beban kasus 1 dengan Matlab



Gambar 4.4 Arus beban Kasus 1 Pspice

Analisa Kerja Rangkaian :

Ketika siklus positif  $SCR_1$  dan  $SCR_4$  dapat dipicu dan kemudian arus mengalir dari  $V_s$  melalui  $SCR_1$ , beban,  $SCR_4$  dan kembali ke sumber. Pada setengah siklus berikutnya,  $SCR_2$  dan  $SCR_3$  dapat dipicu dan kemudian arus mengalir dari  $V_s$  melalui  $SCR_2$ , beban,  $SCR_3$  dan kembali ke sumber. Pada kasus 1 diatas arus beban mempunyai konduksi kontinu karena sudut picu kurang dari sudut beban.

Perhitungan untuk tegangan :

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha \quad (4.3.1)$$

$$= 108.280 \text{ V}$$

$$V_{rms} = \left[ \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.3.2)$$

$$= 240,416 \text{ Volt}$$

Untuk perhitungan arus dapat digunakan persamaan :

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{Z} \quad (4.3.3)$$

dan

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} \quad (4.3.4)$$

dimana  $Z$  adalah impedansi.

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bahwa  $V_{rms}$  dan  $V_{dc}$  terbesar didapatkan pada kondisi penyearahb dalam keadaan semua SCR nya normal. Demikian juga halnya dengan  $I_{rms}$  dan  $I_{dc}$ .

Tabel 4.1 Perbandingan Harmonisa Pada Kondisi 1,2, dan 4

	Kasus 1		Kasus 3		Kasus 4	
	$V_o$	$I_n$	$V_o$	$I_n$	$V_o$	$I_n$
Harmonisa 1	0	9.1	169,812	12,719	167,839	12,437
Harmonisa 2	186.67	0	95,291	4,8938	91,212	5,273
Harmonisa 3	0	1.7112	0	0,638	0	0
Harmonisa 4	59.019	0.572	31,354	1.05	27,603	1,04
Harmonisa 5	0	0	0	0,395	0	0
Harmonisa 6	35.06	0	19,243	0,513	15,761	0
Harmonisa 7	0	0	0	0,285	0	0
Harmonisa 8	25.20	0	14,207	0.329	11.137	0
Harmonisa 9	0	0	0	0.222	0	0

Tabel 4.2 perbandingan THD

Kasus	THD
1	1.260483E+01 PERCENT
2	5.399606E+01 PERCENT
3	6.368016E+01 PERCENT

Tabel 4.3 Keterangan Kondisi Masing – Masing SCR

Kasus	SCR1	SCR2	SCR3	SCR4
1	Normal	Normal	Normal	Normal
2	Normal	Normal	Normal	Hubung Buka
3	Normal	Normal	Hubung Singkat	Normal

Dari tabel 4.1 dapat dilihat harmonisa yang ditimbulkan akibat adanya gangguan pada SCR adalah lebih besar dibandingkan dengan harmonisa pada saat keadaan semua SCR normal, demikian juga halnya untuk THD dari tabel 4.2 dapat dilihat THD dari kondisi normal lebih kecil.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Bentuk gelombang tegangan keluaran dari penyearah jembatan terkontrol penuh dipengaruhi oleh besarnya tegangan masukan, frekuensi, sudut picu dan kondisi masing – masing SCR.
2. Besarnya resistansi dan induktansi akan mempengaruhi raktansi yang pada akhirnya akan mempengaruhi besarnya sudut beban, dan besarnya arus beban.
3. Apabila sudut beban < sudut picu maka arus beban akan kontinu dan sebaliknya apabila sudut baban > sudut picu maka arus beban akan diskontinyu.
4. Kerusakan SCR akan memperkecil  $V_{rms}$  dan  $V_{dc}$  dari tegangan keluaran, demikian juga halnya dengan  $I_{rms}$  dan  $I_{dc}$  akan lebih kecil jika terjadi kerusakan pada SCR. Dan akan memperkecil daya keluaran dari penyearah.

5. Kerusakan pada SCR juga berpengaruh pada harmonisa arus dan tegangan, harmonisa akan menjadi besar, yang akan memperbesar gangguan pada sistem
6. Kerusakan SCR juga akan mempengaruhi THD, THD pada saat terjadi kerusakan lebih besar dibandingkan THD pada kondisi SCR normal. Semakin besar THD akan memperkecil faktor daya

### 5.2 Saran

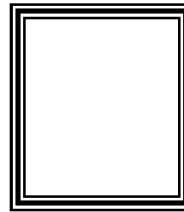
1. Dari kesimpulan yang telah dibuat, maka disarankan untuk tidak menggunakan penyearah dalam kondisi SCR mengalami kerusakan, karena hasil yang didapatkan tidak maksimal, dan menimbulkan harmonisayang akan mempengaruhi sistem klistrikan.
2. Pada analisa penyearah jembatan terkontrol penuh ini bisa ditambahkan pengamatan pada tegangan dan arus pada tiap – tiap thyristor.
3. Beban yang digunakan dapat diganti dengan motor DC, sehingga penyearah jembatan ini berfungsi sebagai pengemudi, sehingga dari analisa ini dapat kita lihat pengaruh sudut

picu dan kondisi masing – masing thyristor dari penyearah jembatan terkontrol penuh ini terhadap kinerja motor DC, juga dapat diamati pengaruh kerusakan SCR terhadap penguatan motor DC.

4. Dapat dikembangkan untuk pembuatan simulasi penyearah tiga fasa, dengan beban motor DC.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad H. Rashid, *Power Electronic Circuit, Devices, and Application*, Prentice Hall International, Inc, 1988.
- [2] Robert H. Miller and James H. Malinowski, *Power System Operation*, McGraw Hill Inc, 1994.
- [3] Duane Hanselman and Bruce Littlefield, *The Student Edition of Matlab V5.3 Version 4 Users Guide*, Prentice Hall Englewood Cliffs, 1995.
- [4] Krause Paul C., and Oleg Wasynczuk, *Electromechanical Motion Devices*, McGraw-Hill International Edition, 1989.
- [5] Krause Paul C., *Analysis of Electric Machinery*, McGraw-Hill Book Company, 1987.
- [6] Albert Paul Malvino, *Prinsip – Prinsip Elektronika*, Penerbit Erlangga, 1994.
- [7] Ayres Frank, Jr and Penna Carlisle, *Theory and Problems of Differential and Integral CALCULUS, 2<sup>nd</sup> Edition (Schaum Series)*, McGraw-Hill, 1990.
- [8] Hayt William H., Jr Jack Kemmerly, Pantur Silaban, *Rangkaian Listrik Jilid 1*, Penerbit Erlangga, 1987.
- [9] Hayt William H., Jr Jack Kemmerly, Pantur Silaban, *Rangkaian Listrik Jilid 2*, Penerbit Erlangga, 1987.
- [10] McPherson George, *an Introduction to Electrical Machines and Transformers*, John Wiley and Sons Incorporation, Canada, 1981.
- [11] Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995.
- [12] Marapung Muslimin., Ir, *Teori dan Penyelesaian Soal Teknik Tenaga Listrik*, Armico, Bandung 1985.
- [13] Theraja B.L., *a Text Book of Technology*, Publication Division of Nirja Construction and Development Co (P) Ltd, 1980.
- [14] Say M.G. and Taylor E.O., *Direct Current Machines 2<sup>nd</sup> Edition*, Pitman Publishing Ltd, London, 1986
- [15] Fitzgerald A.E, Kingsley C, Jr and Umans S.D., *Electric Machinery 4<sup>th</sup> Edition*, McGraw Hill Inc, 1980.
- [16] Sulasno, Ir dan Agus S, Ir, *Dasar Sistem Pengaturan*, Penerbit Satya Wacana, Semarang, 1993
- [17] Katsuhiko Ogata, *Teknik Kontrol Otomatik Jilid I*, Penerbit Erlangga, 1996.
- [18] K.A. Stroud dan Erwin Sucipto, *Matematika Untuk Teknik Edisi ke-3*, Penerbit Erlangga, 1989.
- [19] Ir.Sulasno, *Teknik Tenaga Listrik*, Penerbit Satya Wacana, Semarang.



Penulis lahir di Brebes, 4 januari 1979. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang. Konsentrasi yang diambil adalah ketenagaan.

Semarang, Mei 2003

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr.Ir.Hermawan, DEA.  
NIP. 131 598 857

Moch. Facta, ST.MT  
NIP. 132 231 134